



Escuela
Universitaria
Ingeniería
Técnica
Industrial
ZARAGOZA

Universidad de Zaragoza

Proyecto final de carrera

Ingeniería técnica especialidad eléctrica

Desarrollo de un sistema alternativo de comunicación oral, para una persona no hablante con parálisis cerebral y capacidades de lecto-escritura.

Memoria

AUTOR

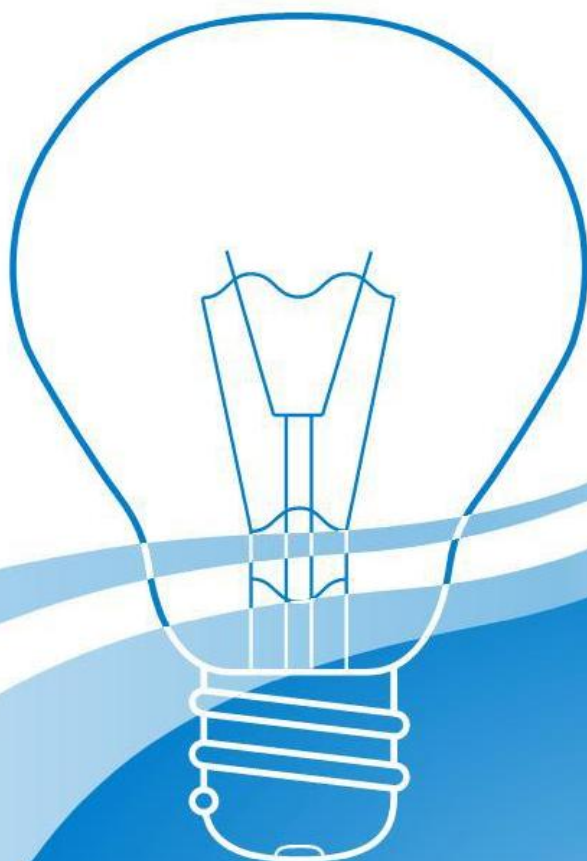
Héctor Juan Ríos López

DIRECTOR

Antonio Pardina Carrera

CONVOCATORIA

Septiembre 2012



Agradecimientos

A mis padres, por hacerlo posible.

A mi familia, por su confianza.

Y por supuesto, a Mar, por su inagotable apoyo
durante la última y más difícil parte de este viaje.

“La comunicación conforma uno de los pilares básicos de las relaciones humanas, por lo que dotar a una persona de un medio de comunicación es un derecho y una responsabilidad ética.”

Resumen

En este proyecto se va a detallar el desarrollo de un dispositivo para dotar de comunicación alternativa, en este caso oral, a una persona no hablante que sin embargo posee capacidades de lecto-escritura. Dicho desarrollo comprende todo el trabajo necesario, comenzando desde cero. Análisis del trastorno y de las capacidades del usuario, estudio de opciones y posibles soluciones, desarrollo de los equipos, evaluaciones, y coordinación de las diferentes áreas de conocimiento necesarias, todo ello hasta conseguir cubrir las necesidades planteadas.

El usuario para el que se ha desarrollado el dispositivo es Antonio Malo, que padece un trastorno llamado **parálisis cerebral**. Más adelante explicaremos con mayor detalle dicha patología, pero en resumen podemos decir que le impide la normal movilidad de su cuerpo, por lo que presenta un alto grado de dependencia, casi total, necesitando asistencia para todas las situaciones del día a día. Además, dicha dolencia le impide realizar un correcto control de sus cuerdas vocales, por lo que **no puede realizar procesos de comunicación hablada**.

Antonio trabaja actualmente en el Centro Ocupacional Albada, de Alcañiz, donde realiza labores de oficina con un ordenador adaptado a sus capacidades. Dicho centro de trabajo emplea en su totalidad a personas con discapacidad física y/o intelectual, que en su gran mayoría no saben leer y escribir, por lo que cobra especial relevancia dotar de comunicación hablada a Antonio, de modo que pueda comunicarse con sus compañeros de trabajo de forma fluida y eficaz. De hecho, con muchos de ellos, la mejora supone el **poder comunicarse**, sencillamente.

Todas estas circunstancias han tenido que tomarse en consideración a la hora del diseño y desarrollo del dispositivo. En el campo de las ayudas técnicas a la discapacidad, dada la gran diversidad de sus usuarios, casi hay que hacerlas “a la carta”. Es **imperativo** estudiar cada caso concreto para ajustar al máximo las ayudas a las capacidades, habilidades y estado actual de cada persona. Incluso puede darse el caso de que, de un año para otro, las circunstancias del usuario hayan cambiado en un grado en el que sea necesario rediseñar por completo la ayuda técnica a la nueva situación.

Por último, podremos comprobar la **gran importancia** de coordinar de forma precisa, a la hora de elaborar proyectos de este tipo, a todas las áreas de conocimiento y disciplinas necesarias, como son el área tecnológica en sí misma, la psicopedagogía, la logopedia, psicomotricidad, fisioterapia, ortopedia, e incluso organismos e instituciones oficiales para temas de subvenciones y programas especiales de ayuda.

Índice

1.	Introducción.	5
1.1.	Motivación.	5
1.2.	Antecedentes.	5
1.3.	Objetivos.	6
1.4.	Enfoque y fases del proyecto.	6
2.	Conceptos previos.	8
2.1.	Parálisis cerebral.	8
2.2.	Comunicación y SAAC's.	14
3.	Análisis y diseño.	20
3.1.	Análisis. Usuario, recursos y directrices de diseño.	20
3.2.	Opciones valoradas.	22
3.3.	Toma de decisiones.	24
3.4.	Diseño dispositivo #1.	24
4.	Dispositivo #1.	28
4.1.	Implementación y desarrollo.	28
4.1.1.	Hardware.	28
4.1.2.	Software.	37
4.2.	Evaluación y resultados.	39
4.3.	Conclusiones.	41
5.	Reorientación del proyecto.	42
5.1.	Análisis de errores.	42
5.2.	Toma de decisiones. Nueva orientación.	42
5.3.	Coordinación interdisciplinar.	43
6.	Dispositivo #2.	45
6.1.	Análisis y diseño.	45
6.2.	Implementación y desarrollo.	45
6.2.1.	Hardware.	45
6.2.2.	Software.	48
6.2.2.1.	Plaphoons	49
6.3.	Evaluación y resultados.	59
7.	Conclusiones.	61
8.	Bibliografía y documentación	62

1. Introducción.

1.1.Motivación.

La idea de este proyecto nace a partir mis actividades de tiempo libre y voluntariado, donde participo como monitor de tiempo libre. Soy coordinador de la asociación de tiempo libre “Colonia El Trébol”, de Alcañiz, donde colaboro organizando actividades para discapacitados físicos e intelectuales, en la zona de las comarcas turolenses de Andorra-Sierra de Arcos, Cuencas Mineras, Bajo Aragón, y Maestrazgo. Dichas actividades comprenden excursiones, competiciones deportivas, viajes, etc.

Uno de los participantes en estas actividades es Antonio Malo, del que ya he hablado más arriba. Algunos de los monitores voluntarios de la asociación, conocedores de mis estudios técnicos, me propusieron buscar alguna manera de mejorar las capacidades comunicativas de Antonio, con algún recurso técnico que yo conociera y pudiera adaptar a sus necesidades. Me puse a ello, coincidiendo en el tiempo con el momento en el que ya necesitaba elegir y poner en marcha la realización de mi proyecto final de carrera, por lo que pensé que era una oportunidad inmejorable poder usar el tiempo que tenía de dedicar al PFC en desarrollar una ayuda técnica para Antonio. Una vez comunicada mi idea a mi director de proyecto, Antonio Pardina, y con su apoyo y visto bueno, empecé este proyecto.

Qué duda cabe que otra de las motivaciones es la de poder realizar un proyecto real, con uso en la vida cotidiana y aplicación desde el primer momento. Realmente, es una satisfacción enorme ver cómo los conocimientos adquiridos durante la vida académica tienen un verdadero aprovechamiento, y en este caso, además, un uso inmediato.

1.2.Antecedentes.

Mucho es lo realizado en el campo de las ayudas técnicas a la discapacidad. Sin embargo, aun siendo mucho, nunca es suficiente.

Varias son las razones: escasean los técnicos que se dedican a ello; las ayudas técnicas han de ser ajustadas a cada caso concreto, ya que cada uno es diferente; no se suele diseñar o investigar en concreto en este área, sino que se aprovecha el curso y el avance de la tecnología para adaptar las novedades y realizar mejoras a las ayudas; no es un mercado atractivo, por lo que apenas se invierte en I+D; etc.

Cabe destacar los esfuerzos que realizan las universidades de todo el mundo, como he podido comprobar, siendo la Universidad de Zaragoza una de las representantes destacadas en este campo con el Grupo Tecnodiscap, de donde han salido interesantísimos proyectos.

1.3. Objetivos.

El objetivo principal de este proyecto es dotar de comunicación oral a una persona que por su condición física le resulta imposible comunicarse de forma hablada.

Otro de los objetivos es profundizar en este área de conocimiento, la de la tecnología aplicada a las ayudas a la discapacidad, campo que resulta apasionante por lo que se puede llegar a conseguir para mejorar la vida de las personas con sólo adaptar tecnologías ya existentes y que en muchos casos llevan mucho tiempo consolidadas en la sociedad y de las que tristemente no siempre se aprovecha todo su potencial.

1.4. Enfoque y fases del proyecto.

El enfoque que se ha pretendido dar al proyecto es uno muy concreto: detallar el proceso completo seguido a partir de la aparición de una necesidad por parte de una persona con discapacidad física y/o intelectual hasta conseguir cubrir por completo dicha necesidad, o al menos hasta el punto en que las soluciones técnicas y las capacidades y características del usuario lo permitan.

Para ello, se han seguido una serie de fases determinadas, cuyo resumen sigue a continuación.

Fase 1 - Análisis. En esta fase se analizan las necesidades que quiere cubrir el usuario. Además, se han de analizar, evaluar y valorar las capacidades físicas e intelectuales del individuo, para, en función de ellas, adaptar la solución técnica que mejor se ajuste, tanto desde el punto de vista técnico y funcional (diseño de la ayuda, materiales, presupuesto, acabados, facilidad de mantenimiento, mejoras e implementaciones futuras), como desde el punto de vista del manejo del dispositivo por parte del usuario (facilidad de aprendizaje y uso, software, modularidad, mejoras y ampliaciones, posibilidad de adaptación a otros usuarios con similares aunque no iguales características, etc.).

También se han de estudiar en este punto, una vez hecho el análisis previo, los recursos tanto técnicos como económicos e institucionales con que se cuentan, para tomar las decisiones oportunas acerca de en qué dirección se ha de dirigir el proyecto.

Y por último, hay que afrontar el crucial momento de la toma de decisiones a todos los niveles, una vez recopilada toda la información necesaria. Es muy importante reflexionar con calma y con el tiempo necesario para no tener que trabajar dos veces o desandar lo andado. Nunca estaremos a salvo de equivocaciones, como podremos ver más adelante, sin embargo hay que tomar profunda conciencia de lo fundamental de esta parte del proyecto, que esencialmente va a marcarlo por completo.

Fase 2 – Diseño y desarrollo. Una vez hecho el análisis, se ha de comenzar con el diseño y el desarrollo del dispositivo en sí. Lo más adecuado, basado en la experiencia adquirida durante este proyecto (y en cualquier proyecto que se acometa, por supuesto), es comenzar de afuera hacia adentro. Es decir, bosquejar un boceto general de lo que se pretende conseguir, e ir entrando en detalle, a medida que se van cumpliendo los objetivos generales.

Por ejemplo, no es nada conveniente preocuparse de cuántas pulgadas ha de ser la pantalla a instalar hasta que no tenga claro la posición y uso que va a tener.

Por otra parte, a la vez que se trabaja en esta fase, se han de gestionar otros aspectos del proyecto, como son los recursos económicos e institucionales, tan importantes siempre. Puede marcar diferencias tan grandes como, retomando el ejemplo anterior de la pantalla, tener la posibilidad de adquirir un modelo superior al que se tenía planeado.

Fase 3 – Evaluación y resultados. Es el momento de la verdad en todo proyecto. Huelga decir que todas las fases son importantes, lógicamente, pero ésta en verdad lo es, ya que nos va a dar los resultados de nuestro trabajo. Algo tan simple de decir tiene infinidad de implicaciones: principalmente comprobaremos si las necesidades del usuario han sido cubiertas, que es la parte fundamental; veremos si los recursos empleados han tenido un uso adecuado; y por último comprobaremos si los conocimientos que se poseen son (o han sido suficientes) para completar el objetivo marcado.

Obviamente, durante el desarrollo habremos hecho las pruebas que hayamos considerado necesarias, pero, y vuelvo a decir, esto no es garantía de quedar a salvo de errores. Por ello, una vez completado el proceso de desarrollo, se ha de hacer una concienzuda prueba final para poder dar por concluido el proyecto, y dejar “en servicio” el dispositivo en manos del usuario para que pueda disfrutarlo a partir de ese momento.

Una vez hecha la evaluación final, se han de recopilar e interpretar los resultados obtenidos, para comprobar si han sido satisfactorios o no. En caso afirmativo, los adjuntaremos al proyecto junto con nuestras conclusiones, y lo daremos por finalizado, una vez establecido un programa de seguimiento. Y en el caso contrario, tendremos que comprobar dónde nos hemos equivocado para estudiar la forma de realizar las modificaciones necesarias.

2. Conceptos previos.

Una vez visto el resumen de las fases que se han seguido durante el desarrollo del proyecto, es necesario explicar una serie de conceptos básicos (aunque fundamentales) una vez nos adentramos en el campo de las discapacidades físicas y/o intelectuales en general, y de la parálisis cerebral en concreto. Asimismo, también se van a detallar unos conceptos básicos del área técnica de las ayudas a la comunicación.

2.1. Parálisis cerebral.

La parálisis cerebral es un trastorno permanente y no progresivo que afecta a la psicomotricidad del paciente. En un nuevo consenso internacional, se propone como definición: “La parálisis cerebral describe un grupo de trastornos del desarrollo psicomotor, que causan una limitación de la actividad de la persona, atribuida a problemas en el desarrollo cerebral del feto o del niño. Los desórdenes psicomotrices de la parálisis cerebral (la llamaremos PA en adelante) están a menudo acompañados de problemas sensitivos, cognitivos, de comunicación y percepción, y en algunas ocasiones, de trastornos del comportamiento”. Las lesiones cerebrales de la PC ocurren desde el período fetal hasta la edad de 5 años. Los daños cerebrales después de la edad de 5 años hasta el período adulto pueden manifestarse como PC, pero, por definición, estas lesiones no son PC.

La incidencia de esta condición en países desarrollados es de aproximadamente 2 – 2,5 por cada mil nacimientos. Esta incidencia no ha bajado en los últimos 60 años a pesar de los avances médicos como la monitorización de las constantes vitales de los fetos. La PC no tiene cura conocida; la intervención médica aparece como una ayuda. Estos tratamientos para el desarrollo personal del paciente se introducen en su vida diaria hasta su muerte.

La PC es un término que agrupa un grupo de diferentes condiciones. Hay que tener en cuenta que no hay dos personas con parálisis cerebral con las mismas características o el mismo diagnóstico. Está dividida en cuatro tipos, que describen los problemas de movilidad que presentan. Esta división refleja el área del cerebro que está dañada. Las cuatro clasificaciones son: espástica, atetoide, atáxica, mixta.

Definición

La PC es un padecimiento que principalmente se caracteriza por la inhabilidad de poder controlar completamente las funciones del sistema motor. Esto puede incluir espasmos o rigidez en los músculos, movimientos involuntarios, y/o trastornos en la postura o movilidad del cuerpo.

No es una enfermedad, no es contagiosa y no es progresiva. Es causada por una lesión a una o más áreas específicas del cerebro y no a los músculos. Esta lesión puede producirse

antes, durante o después del nacimiento. Entre 0,1 y 0,2% de los niños padecen alguna forma de parálisis cerebral; en el caso de bebés prematuros o de bajo peso, esta cifra aumenta al 1%.

Tampoco es producida por una sola causa, como varicela o rubéola. Más bien, es un grupo de trastornos relacionados entre sí, que tiene causas diferentes. Cuando los médicos tratan de descubrir la causa de la PC en un niño en particular, observan el tipo de PC, el historial médico de la madre y del niño, y el inicio del trastorno. Además los síntomas son tan diferentes de un niño a otro que la clasificación de un niño como “paralítico cerebral” es de escasa información para un ulterior pronóstico, ya que existen casos muy graves y casos muy leves.

Características

En primer lugar, los trastornos son debidos a una lesión cerebral (encéfalo) que interfiere en el desarrollo normal del niño. Se produce en el primer año de vida, o incluso en el período de gestación, y puede ocurrir hasta los cinco años.

Se distingue por el daño dominante de las funciones motrices, el cual afecta al tono, a la postura y al movimiento.

Por último, hay un concepto generalizado de que la lesión no es evolutiva pero sus consecuencias pueden variar en el niño. **Los trastornos motores afectan a la mayoría de los casos a los órganos bucofonadores y dificultan el desarrollo de la alimentación y el habla.**

La parálisis cerebral es un grupo de trastornos motores por una alteración en el control de los movimientos y postura causados por una lesión cerebral en el cerebro inmaduro (desde el desarrollo prenatal a los 5 años de vida).

Síntomas

Los primeros síntomas comienzan antes de los tres años de edad y suele manifestarse porque al niño le cuesta más trabajo voltearse, sentarse, gatear, sonreír o caminar. Los síntomas varían de una persona a otra, pueden ser tan leves que apenas se perciban o tan importantes que le imposibilite levantarse de la cama. Algunas personas pueden tener trastornos médicos asociados como convulsiones o retraso mental, pero no siempre ocasiona graves impedimentos.

Los síntomas más importantes son las alteraciones del tono muscular y el movimiento, pero se pueden asociar otras manifestaciones:

- ▶ Problemas visuales y auditivos.
- ▶ Dificultades en el habla y el lenguaje.
- ▶ Alteraciones perceptivas:
- ▶ Agnosias: Alteración del reconocimiento de los estímulos sensoriales.

- ▶ Apraxias: Pérdida de la facultad de realizar movimientos coordinados para un fin determinado o pérdida de la comprensión del uso de los objetos ordinarios, lo que da lugar a comportamientos absurdos. Incapacidad para realizar movimientos útiles.
- ▶ Distractibilidad.
- ▶ Diskinesia: dificultad en los movimientos voluntarios.

Las contracturas musculares que se asocian con la Parálisis Cerebral conllevan que sea imposible que la articulación se mueva, pero también puede ocurrir que exista una falta de tono muscular, por lo que las articulaciones pueden dislocarse ya que los músculos no las estabilizan.

Causas

Las causas que producen la PC van a depender y a variar de un caso a otro, por tanto no puede ni debe atribuirse a un factor único, aunque todos desarrollan como determinante común, la deficiente maduración del sistema nervioso central.

Puede producirse tanto en el período prenatal como perinatal o postnatal, teniendo el límite de manifestación transcurridos los cinco primeros años de vida.

- ▶ En el período prenatal, la lesión es ocasionada durante el embarazo y pueden influir las condiciones desfavorables de la madre en la gestación. Suele ocasionar el 35% de los casos. Los factores prenatales que se han relacionado son las infecciones maternas (sobre todo la rubéola), la radiación, la anoxia (déficit de oxígeno), la toxemia y la diabetes materna.
- ▶ En el período perinatal, las lesiones suelen ocurrir en el momento del parto. Ocasionan el 55% de los casos, y las causas más frecuentes son: anoxia, asfixia, traumatismo por fórceps, prematuridad, partos múltiples, y en general, todo parto que ocasiona sufrimiento al niño.
- ▶ En el período postnatal, la lesión es debida a enfermedades ocasionadas después del nacimiento. Corresponde a un 10% de los casos y puede ser debida a traumatismos craneales, infecciones, accidentes vasculares, accidentes anestésicos, deshidrataciones, etc.

Clasificación

Podemos establecer distintas clasificaciones basándonos en:

Efectos funcionales

Según donde se localice la lesión cerebral se clasifican en:

- ▶ **Espástico:** este es el grupo más grande; alrededor del 75% de las personas con dicha discapacidad presentan espasticidad, es decir, notable rigidez de movimientos, incapacidad para relajar los músculos, por lesión de la corteza cerebral que afecta los centros motores. Los síntomas más frecuentes son: hipertonía, hiperreflexia e hiperflexión. La lesión está localizada en el haz piramidal.
- ▶ **Atetósico:** en esta situación, la persona presenta frecuentes movimientos involuntarios que interfieren con los movimientos normales del cuerpo. Se producen por lo común, movimientos de contorsión de las extremidades, de la cara y la lengua, gestos, muecas y torpeza al hablar. Las afecciones en la audición son bastante comunes en este grupo, que interfieren con el desarrollo del lenguaje. La lesión de los ganglios basales del cerebro parece ser la causa de esta condición. Menos del 10% de las personas con parálisis cerebral muestran atetosis. La lesión está localizada en el haz extrapiramidal.
- ▶ **Atáxico:** en esta condición la persona presenta mal equilibrio corporal y una marcha insegura, y dificultades en la coordinación y control de las manos y de los ojos. La lesión del cerebro es la causa de este tipo de parálisis cerebral, relativamente rara. La lesión está localizada en el cerebelo.
- ▶ **Formas mixtas:** es raro encontrar casos puros de espasticidad, de atetosis o de ataxia. Lo frecuente es que se presente una combinación de ellas.

La topografía corporal

Según la distribución del trastorno neuromuscular o el criterio clasificatorio de topografía, que indica cual es la parte del cuerpo afectada, podemos distinguir entre:

- ▶ Hemiplejía: afecta a una de los dos hemicuerpos (derecho o izquierdo)
- ▶ Diplejía: miembros superiores afectados
- ▶ Cuadriplejía: los cuatro miembros están paralizados.
- ▶ Paraplejía: afectación de los miembros inferiores.
- ▶ Monoplejía: un único miembro, superior o inferior, afectado.
- ▶ Triplejía: tres miembros afectados.
- ▶ Hemiparesia faciobraquial crural. afectado la cara y un brazo

Si bien la bibliografía de cabecera denomina a los trastornos neuromusculares con el sufijo "plejía", no constituyen verdaderas parálisis, ya que en realidad se halla una debilidad de la fuerza por disminución en la conducción del impulso nervioso a placa motora, generando paresia muscular.

Según el tono muscular

- ▶ Isotónico: tono normal.
- ▶ Hipertónico: tono incrementado.
- ▶ Hipotónico: tono disminuido.
- ▶ Variable: tono inconsistente (distonia y espasticidad)

Otros trastornos médicos asociados o no

- ▶ Retraso mental
- ▶ Epilepsia (convulsiones)
- ▶ Problemas de crecimiento
- ▶ Visión y audición limitadas
- ▶ Sensibilidad y percepción anormales
- ▶ Dificultades para alimentarse, falta de control de los intestinos o vejiga y problemas para respirar (debido a problemas de postura)
- ▶ Problemas de la piel (llagas de presión)
- ▶ Problemas de aprendizaje
- ▶ Pubertad precoz

No todos estos trastornos tienen que darse en todos los casos, ni de forma simultánea.

Prevención

En muchos casos, se desconoce la causa de la parálisis cerebral y, en consecuencia, no puede hacerse nada para prevenirla.

No obstante, se han identificado algunas de las causas de la parálisis cerebral y, a menudo, se han logrado prevenir los casos resultantes de ellas. La intolerancia de Rh y el síndrome de rubéola congénita solían ser causas importantes de parálisis cerebral. Actualmente, la intolerancia de [Rh] por lo general puede prevenirse aplicando a las mujeres Rh- negativo embarazadas la terapia adecuada. Puede probarse la inmunidad de las mujeres a la rubéola antes del embarazo y, si no son inmunes, se las puede vacunar. Los bebés con ictericia grave pueden tratarse con luces especiales (fototerapia). Las lesiones en la cabeza del bebé son una causa importante de parálisis cerebral en los primeros meses de vida y, las cuales, pueden evitarse transportando a los bebés en sillas especiales que se fijan al asiento trasero del auto.

La vacunación periódica de los bebés ayuda a prevenir muchos casos de meningitis, otra causa de daño cerebral en los primeros meses. La mujer puede ayudar a reducir el riesgo de parto prematuro si recibe atención prenatal de forma temprana y periódica y si se abstiene de fumar, beber alcohol y consumir drogas ilegales.

Diagnóstico

La parálisis cerebral se diagnostica principalmente evaluando de qué manera se mueve un bebé o un niño pequeño. El médico evalúa el tono muscular del niño, además de verificar los reflejos del bebé y fijarse en éste para comprobar si ha desarrollado una preferencia por su mano derecha o izquierda. Otro síntoma importante de parálisis cerebral es la persistencia de ciertos reflejos, llamados reflejos primitivos, que son normales en los bebés pequeños pero que, por lo general, desaparecen entre los 6 y 12 meses de vida. El médico también llevará una historia clínica detallada para descartar que los síntomas obedezcan a otros trastornos.

Asimismo, el médico puede recomendar la realización de pruebas de diagnóstico con imágenes cerebrales, tales como resonancias magnéticas, tomografías computadas o ultrasonidos. En algunos casos, estas pruebas pueden ayudar a identificar la causa de la parálisis cerebral.

Tratamientos

La parálisis cerebral no se puede curar. Pero la persona afectada podrá llevar una vida plena si recibe una atención adecuada que le ayude a mejorar sus movimientos, que le estimule su desarrollo intelectual, **que le permita desarrollar el mejor nivel de comunicación posible** y que estimule su relación social. Cuanto antes se detecte la enfermedad, mayor respuesta ofrecerá el paciente al tratamiento. Se aconseja la asistencia a escuelas regulares.

Tradicionalmente se admite que son cinco los pilares del tratamiento de la parálisis cerebral:

- ▶ la neuropsicología
- ▶ la fisioterapia, y dentro de la fisioterapia, estaría indicada la aplicación de la fisioterapia neurológica, concretamente el Concepto Bobath.
- ▶ la terapia ocupacional,
- ▶ la educación compensatoria
- ▶ la logopedia

2.2. Comunicación y SAAC's.

Comunicación y lenguaje

Consideramos que para llegar a una completa definición de los SAAC's (sistemas alternativos y aumentativos de comunicación), habría que empezar analizando términos como el de *comunicación* y *lenguaje* y de más aspectos relacionados con los mismos.

¿Qué es el lenguaje? El *lenguaje* es, desde la perspectiva de la psicología popular, y al igual que ocurre con el término de comunicación, un concepto de límites muy difusos, con muy diferentes acepciones y de muy diferentes niveles de complejidad en cada una de ellas. Así, se habla del lenguaje humano desde la simplicidad del expresado por bebé, hasta la complejidad del lenguaje de un profesor. En un sentido más restringido, éste se caracteriza por un sistema –estructurado, complejo, flexible y convencionalizado– de elementos que sirvan para representar algún aspecto de la realidad distintos de los elementos del mismo sistema, y para llevar a cabo actos de comunicación.

Un proceso que se inserta en formatos básicos de interacción, en el que se da un flujo de informaciones y de relaciones compartidas que generan cambios, más o menos perceptibles en el estado físico y/ o mental de los miembros de esa interacción, será el proceso de la *comunicación*.

Esta consideración de los conceptos de comunicación y lenguaje tiene gran importancia para entender los SAAC como algo más que un mero conjunto de elementos diferentes a la palabra, para entenderlos como *sistemas*, como *comunicación*, y como sistemas (conjunto de unidades y reglas) de *comunicación y representación*.

En cuanto a la importancia de la comunicación y del lenguaje podemos comentar que las habilidades de comunicación preceden a la aparición del lenguaje hablado, y que estas habilidades de comunicación se desarrollan y tienen lugar en un contexto de interacción social. En este sentido, el lenguaje oral es visto como un fenómeno incluido en el fenómeno más amplio de la comunicación, entendida como un proceso de social y como competencia psicológica interpersonal. El lenguaje oral, por tanto surge como vehículo útil, y el instrumento ideal, para llevar a cabo actos de comunicación y representación. De ello se desprende que si el proceso de comunicación está alterado, entonces el lenguaje oral no podría desarrollar adecuadamente en todo su potencial como instrumento para llevar a cabo actos de comunicación y representación. Si, por el contrario, lo alterado es el lenguaje oral, la competencia de comunicación podrá buscar otros vehículos idóneos para manifestarse.

Concretando, la comunicación la entendemos como un proceso básico de desarrollo que tiene sus raíces en la interacción social. El lenguaje oral es el producto de ese proceso, es el instrumento para llevar a cabo actos de comunicación y representación. Entender así estos conceptos tiene relevancia desde el punto de vista de los programas de intervención en personas con alteraciones de la comunicación y/ o lenguaje oral.

Comunicación y parálisis cerebral

Un alto porcentaje de la población afectada por parálisis cerebral presenta alteraciones en la comunicación, bien por ausencia de habla o por ininteligibilidad de la misma, asociadas generalmente a graves dificultades en el ámbito de la motricidad. La afectación del habla puede conducir a los sujetos que la padecen al aislamiento, ya que el habla es una de las formas básicas para interactuar con el entorno y modificarlo en función de nuestras necesidades. En la mayoría de los casos, este aislamiento dificulta la integración en los entornos habituales en los que se desenvuelve y origina en los sujetos una actitud de pasividad dependiente.

Hasta la aparición de los comunicadores y del software informático actual, las respuestas comunicativas de dichos usuarios se reducían a movimientos de la mirada hacia el objeto o el símbolo deseado, o bien respuestas afirmativas/negativas con la cabeza, ante las demandas de su interlocutor. Este sistema, aunque funcional, resultaba pobre para cubrir las expectativas de comunicación de los sujetos.

En la actualidad, gracias a los continuos progresos que se producen en el campo de las nuevas tecnologías y de las ayudas técnicas, existe una amplia variedad de técnicas y recursos, que pueden ser utilizados para favorecer el desarrollo de un sistema de comunicación en las personas que carecen de habla y cuyo manejo, mediante un pulsador o un conmutador adaptado, exige respuestas más sencillas para las personas con trastornos graves en su motricidad.

Por esta razón, resulta imprescindible centrar nuestra intervención pedagógica en *“facilitar y dotar a dichos usuarios de un sistema de comunicación aumentativa o alternativa (S.A.A.C.), adaptado a sus necesidades y características individuales, que le permita comunicarse e interactuar adecuadamente sobre su entorno inmediato”*.

Este proceso de facilitación exige la adopción de una serie de decisiones y estrategias conjuntas; entre todos los profesionales que intervienen con el usuario y la familia, con el objetivo de que tanto el sistema elegido como los elementos de acceso sean los más adecuados a las características y necesidades del sujeto.

Definición de SAAC

Un SAAC está compuesto por un **conjunto estructurado de códigos no vocales**. Cuando decimos no- vocal nos referimos a que el mecanismo físico de transmisión no implica el tracto vocal de quien se comunica...La comunicación no- vocal puede tener carácter verbal o no verbal de la misma manera que la comunicación vocal. Por ejemplo, un gesto de rechazo es no- vocal y no- verbal, mientras que un grito de admiración es vocal pero no- verbal. Si informamos a un amigo sobre nuestras vacaciones por carta, la comunicación es verbal pero no- vocal, mientras que si lo hacemos de palabra tenemos un ejemplo de comunicación verbal vocal.

En cuanto a los componentes de un SAAC, destacaríamos como primer componente un **lenguaje compuesto de elementos de carácter no vocal** (necesitados o no de soportes físicos); otro componente sería su **enseñanza mediante procedimientos específicos de instrucción**.

Puesto que ya sabemos que un SAAC es un lenguaje (conjunto estructurado de códigos no- vocales), tenemos ya el fin que persigue: ese conjunto estructurado de códigos permite capacidades de representación y sirven **para llevar a cabo actos de comunicación**. Además, esos actos de comunicación deben entenderse como actos de comunicación *funcional* (como instrumento útil para llevar a cabo modificaciones en el entorno y para el manejo del mismo de manera adecuada), *espontánea* (con capacidad de iniciar acciones comunicativas, sin tener que delimitarse a ser respuesta de las acciones iniciadas por los demás) y *generalizable* (capaz de producir emisiones comunicativas en diferentes contextos y con diferentes personas).

Clasificación

SAAC sin ayuda

Los SAAC sin ayuda (o también sistemas de comunicación no asistida) son los que no requieren de ningún aparato, material ni ningún otro tipo de ayuda. Es decir, los códigos que se utilizan no necesitan ningún elemento físico, externo al emisor de dicho código, para realizarlo. El ejemplo más típico de comunicación sin ayuda es el *habla*, y refiriéndonos a los SAAC, el ejemplo más típico sería los *lenguajes de signos* utilizados por la comunidad de personas sordas.

- ▶ Son más manejables que los SAAC con ayuda.
- ▶ Son menos costosos económicamente.

SAAC con ayuda: Los SAAC con ayuda (o sistemas de comunicación asistida) son aquellos en los que los códigos que utilizan requieren un apoyo físico, un material, una ayuda externa, físicamente independiente del emisor que realiza una actividad comunicativa mediante un sistema de este tipo.

- ▶ Tienen un mayor grado de permanencia que los de sin ayuda, lo cual facilita el procesamiento de la información ofrecida.
- ▶ Tienen menores exigencias de capacidad física determinada que los SAAC sin ayuda.
- ▶ Por lo general, son más comprensibles y fáciles para las personas que interactúan con un usuario de los mismos.
- ▶ Una de las desventajas es la presencia de elementos físicos, materiales, que son el soporte de los códigos comunicativos, y que el usuario ha de llevar consigo en todo momento.
- ▶ La comunicación por esos sistemas es más lenta que cuando se utiliza el habla. Esta lentitud puede provocar falta de atención en el receptor, así como

interrupciones indebidas, o cambios de tema al creer que el usuario ha terminado de emitir sus mensajes.

- ▶ Algunos usuarios, al centrar su atención en el tablero de comunicación para seleccionar los símbolos no reanudan el contacto visual con sus interlocutores.
- ▶ En algunos casos puede faltar espacio para incluir todo el vocabulario que el usuario necesita para comunicarse.

Presente de los SAAC

Actualmente, el uso de SAAC es ya una opción de intervención logopédica generalizada, aunque podríamos afirmar que nos encontramos en una etapa de expansión, en el sentido que los SAAC han de extenderse en su propia concepción como sistemas de intervención. Más que hablar de un sistema A o B, habría que buscar las estrategias de funcionamiento básicas que hacen que tanto A como B tengan resultados positivos.

Los SAAC necesitan integrarse en programas de intervención más amplios ya que son una parte, y no el todo, de los programas de intervención para el desarrollo de la comunicación y del lenguaje. Nos encontraríamos también en etapa de expansión en el sentido de una etapa que investiga a fondo cada sistema, para intentar encontrar factores que favorezcan su aprendizaje y que faciliten su uso.

Es evidente que el uso de los SAAC está en claro aumento. Concretamente es en los Centros Específicos de Educación Especial donde más se está afirmando este uso como método de intervención logopédica con alumnos sin lenguaje oral.

En cuanto a las escuelas de logopedia, cuentan en su currículo con asignaturas específicas para el conocimiento de estos sistemas, lo que supone la base de la cantera de los nuevos profesionales de la logopedia.

Futuro de los SAAC

Los resultados logrados con la implantación de SAAC son claros. Además del resultado perseguido directamente de dotar de un código alternativo o aumentativo para llevar a cabo actos de comunicación, se da una mejora indirecta en otros aspectos importantes del funcionamiento psicológico; se da una mejora global de la conducta. Las personas con ausencia de lenguaje oral y sin ninguna otra alternativa para la comunicación pueden utilizar conductas aberrantes o negativas para conseguir algo del entorno; si, a través de un SAAC, dotamos de topografías diferentes, adecuadas –signos, pictogramas, símbolos– para la misma y para otras funciones, tendremos como consecuencia que las topografías inadecuadas disminuyen.

Este resultado de la mejora de las relaciones interpersonales, de la competencia social, se produce porque, al enseñar un SAAC, debemos enseñar el *código* más el *uso* de ese código.

Pues bien, precisamente el *uso comunicativo de códigos*, sean vocales o no– vocales, implica el uso de estrategias básicas de relación interpersonal e intercambio social; es decir, cuando enseñamos códigos pertenecientes a un SAAC, los enseñamos para que sean usados *con* personas y *entre* personas; les enseñamos una estrategia de relación interpersonal, el uso de un instrumento diferenciado y convencionalizado, el signo, dirigido a un adulto al que hay que hacer que perciba el mensaje, con una intención de obtención de algo del entorno o con una intención de declaración.

No debe extrañar, por tanto, que la enseñanza adecuada de un SAAC conlleve un aumento de la competencia social global, puesto que enseñar comunicación es enseñar relación social, cosa, por otro lado, que podríamos considerar también al contrario: enseñar relación social es enseñar comunicación.

El enseñar estilos conversacionales adecuados a las personas que van a interactuar con el usuario de un SAAC es una tarea necesaria y forma parte del programa de intervención que se lleve a cabo para la implantación de un SAAC, es una labor básica para que el contexto en el que ese usuario va a estar sea el óptimo para el favorecimiento de una relación eficaz.

A modo de conclusión de este apartado, nos parece interesante destacar que en definitiva, lo que se deje entrever es que las futuras soluciones a los problemas del presente han de venir de la mano de una estrecha colaboración entre los profesionales más vinculados al conocimiento teórico del lenguaje y la comunicación y los profesionales más vinculados a la práctica logopédica. Tanto para unos profesionales como para otros, esta relación mutua es interesante, pero, desde luego, para quien es realmente interesante, necesaria e importante es para la persona que va a necesitar aprender un sistema alternativo o aumentativo a la comunicación oral.

Generalización del SAAC al entorno del usuario

Puesto que uno de los objetivos que nos planteamos inicialmente es que el sistema de comunicación con el vamos a dotar al sujeto afectado le permita comunicarse e interactuar en los distintos entornos en los que se desenvuelve, tendremos que plantearnos una serie de estrategias que faciliten esta interacción:

- ▶ Implicación de las personas de su entorno familiar y de los profesionales que intervienen en todas las fases del proceso: evaluación inicial, elección del sistema, selección del vocabulario y entrenamiento en el uso de las ayudas técnicas y elementos de acceso.
- ▶ Planificación y creación de situaciones experimentales de comunicación en distintos entornos o actividades. Debemos tener en cuenta que la utilización inmediata del vocabulario seleccionado o de los nuevos elementos que se incorporen al mismo facilitará su aprendizaje y la aparición de nuevas conductas comunicativas.

- ▶ Adecuación de los espacios y de los materiales para mejorar la interacción con el entorno.
- ▶ Utilización de las ayudas técnicas como elemento de acceso al currículo.
- ▶ Programación de actividades fuera del centro (actividades compartidas con otros centros, salidas a distintos lugares del entorno, excursiones, etc.), en las que deba poner en práctica las habilidades adquiridas.
- ▶ Integración y seguimiento del sistema de comunicación en los distintos ámbitos de su vida cotidiana.

Conclusión

De forma general, podemos hablar de una serie de *requisitos que debe cumplir un SAAC elegido* tanto si es del tipo de con ayuda o de sin ayuda. Así, el sistema deberá permitir que el niño o adulto que lo use cubra las necesidades comunicativas posibilitándole un uso adecuado de las funciones de comunicación y representación del lenguaje y permitiendo el desarrollo de los procesos de comprensión y producción de la forma más parecida a como se hace en el lenguaje oral. El sistema elegido tendrá que ser tan efectivo, preciso, rápido, adaptado, discreto como el usuario necesite y permita los avances tecnológicos. Debe ser un sistema abierto a ampliaciones y modificaciones, teniendo las menos restricciones posibles en cuanto a mantenimiento, coste, funcionamiento, repuestos... Deberá también posibilitar la comunicación del usuario con el mayor número posible de interlocutores, ser compatible con otros aspectos de la vida cotidiana y deberá poder ser usado en los diferentes entornos en los que el usuario se mueva.

3. Análisis y diseño.

3.1. Análisis. Usuario, recursos y directrices de diseño.

Usuario

Una vez visto el apartado 2.1., podemos ya encuadrar al usuario para el que vamos a desarrollar el dispositivo, para así poder ajustar de forma lo más precisa posible el diseño del mismo.

Sabemos ahora que nuestro usuario, una vez aplicados los conocimientos adquiridos y expuestos en el apartado mencionado, padece una parálisis cerebral con grado de afectación grave, de tipo espástico, con cuadriplejía y tono muscular hipotónico/variable.

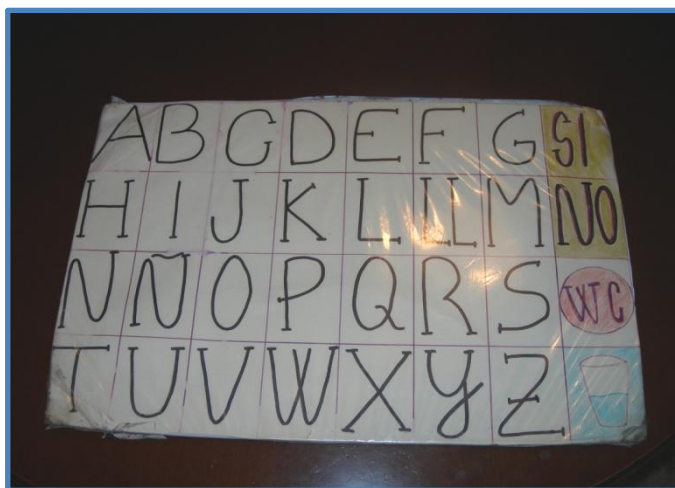
No puede andar ni mantenerse en pie sin ayuda, no tiene un correcto control de la garganta y de las cuerdas vocales por lo que no puede articular palabras entendibles, tan solo ruidos, gritos, risas, etc. Puede mover los brazos y piernas, pero presenta una acusada espasticidad, por lo que son movimientos muy poco precisos. No se aprecia discapacidad intelectual, de hecho ha aprendido a leer correctamente y en un tiempo normal.

Actualmente se comunica a través de un tablero alfabético, donde va señalando con el puño derecho, letra a letra, las palabras a comunicar. La precisión, pese al tamaño del tablero y de las letras, es poca, por lo que este tipo de comunicación, además de ser extremadamente lenta, da lugar a confusiones. Por otra parte, y a causa de la lentitud en la composición de palabras y frases, este tipo de comunicación tiene un inconveniente muy grave, y es que causa una gran impaciencia en el interlocutor. Dado el ámbito en el que habitualmente se desenvuelve (un centro ocupacional para discapacitados intelectuales), son muchas las ocasiones en que, los pocos que saben leer, se cansan enseguida de hablar con el usuario.

Esto también ocurre con no poca frecuencia con interlocutores de capacidad intelectual normal, pero no experimentados en este tipo de comunicación. Todo ello unido genera en Antonio una gran frustración e incluso llega a evitar el empezar conversaciones con personas con las que no se siente cómodo.

Recursos

Los recursos de los que se dispone son realmente limitados. Económicamente, la familia hará las aportaciones necesarias para la compra de material, pero evidentemente hay un



1. Tablero alfabético del usuario

límite que no se podrá superar. También habrá que consultar con la familia cada compra a efectuar para comprobar que en el momento de realizarla es viable el desembolso. El presupuesto total estimado es de 600€. Puede parecer una cantidad pequeña, pero al ser la familia de clase media, cualquier extra en el presupuesto familiar ha de ser considerado cuidadosamente. Se pretende, mientras se desarrolla el proyecto, intentar conseguir alguna subvención a la discapacidad por parte de la DGA.

Y a nivel técnico, de herramientas, taller, etc., sólo se cuenta con los propios del proyectando, aunque en principio parecen suficientes.

Básicamente, habrá que ir improvisando a medida que vaya avanzando el progreso del proyecto.

Directrices de diseño

Las necesidades que se han de cumplir a la hora de realizar el diseño y desarrollo del dispositivo son las siguientes:

- ▶ Ha de ser portátil, y poder instalarse con facilidad en la silla de ruedas.
- ▶ Ha de contener toda la circuitería, fuente de alimentación, altavoces, conectores y cableado necesarios, de modo que se minimice al máximo los cables de salida del dispositivo. Así facilitamos la instalación, y el uso por personas sin conocimientos técnicos.
- ▶ Ausencia total de aristas (espasticidad). El dispositivo ha de tener un perfil lo menos agresivo posible, ya que debido a los bruscos movimientos involuntarios del usuario puede hacerse daño al golpearse con el propio dispositivo.
- ▶ Que sea bonito (normalización). Esto es importante, ya que una de las trabas que presentan los dispositivos para discapacitados es el rechazo de los propios usuarios a mostrarse en público utilizando un dispositivo que sea demasiado llamativo o “exótico”. Cuanto menos llame la atención (cumpliendo por supuesto con su función), mejor para la aceptación del usuario y que se sienta cómodo al utilizarlo.
- ▶ Facilidad de aprendizaje/manejo (familia). En los casos de discapacidad grave, en los que la familia tiene que encargarse de facilitar el acceso del usuario al dispositivo, éste tiene que tener facilidad de montaje y uso, para que, una vez pasado el tiempo de familiarización y entrenamiento con el técnico que proporciona la ayuda, la familia pueda quedarse al cargo del dispositivo.

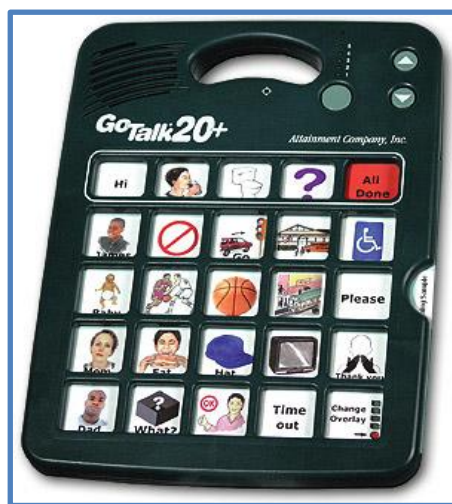
3.2. Opciones valoradas.

Durante esta fase del proyecto, varias son las opciones valoradas, de las que se han estudiado detenidamente sus ventajas e inconvenientes. Las veremos a continuación.

NOTA: Se ha de tomar en consideración, a la hora de leer esta parte del proyecto, que las opciones valoradas y las decisiones tomadas corresponden al año 2008, donde la tecnología era sustancialmente diferente a la actualidad. La explosión de las soluciones móviles, ordenadores portátiles, android, tabletas, etc., ha tenido un avance literalmente exponencial desde entonces, por lo que se ha de enmarcar todo ello teniendo en mente el panorama tecnológico existente en el año mencionado.

► **MP3 con cortes de voz pregrabados.** Ésta es la primera opción valorada. Como ventajas, el precio y la facilidad de implementarla. Sin embargo, los inconvenientes que presenta son muchos: Si incluimos, por ejemplo, 50 audios con sendas frases, el usuario ha de aprenderse de memoria la posición; a medida que vayamos ampliando el número de audios, se incrementa la dificultad de su memorización, lo que va en contra de una mejora real de la situación del usuario; y por último, si el usuario desea comunicar la frase incluida en el audio 50, ha de pulsar 50 veces el botón para pasar de audio, lo que es de una ineficiencia manifiesta. Esta opción se desecha rápidamente.

► **Tablero comunicador.** Se trata de unos dispositivos que se encuentran a la venta, creados específicamente como ayuda a la discapacidad. Tienen una serie de casillas asociadas a dibujos o diagramas, que representan frases, palabras o conceptos. La casilla pulsada genera el audio previamente grabado. Como ventajas, tiene que ya está construido, y sólo hace falta adaptarlo a la silla del usuario. Como desventajas, tiene varias: el dispositivo parece diseñado para discapacitados con baja capacidad intelectual, el tablero contiene un número



2. Tablero comunicador comercial

limitado de casillas, lo que limita la amplitud de la comunicación; es caro, los precios rebasan en muchos casos los 600€; y la desventaja mayor es la dificultad del usuario para interactuar con las casillas, ya que la precisión es menor que la necesaria para pulsar las casillas de reducido tamaño. Esta opción también se desecha rápidamente.

- **PDA.** También se valora la opción de usar una PDA. Como ventajas, cuenta con el tamaño y la potencia del sistema operativo. Sin embargo, sus desventajas desaniman bastante: el precio (en el momento de valorar este tipo de opción todavía no se habían extendido los smartphones como en la actualidad) y la ausencia de soluciones de software para adaptar el uso a nuestro usuario.



3. PDA + teclado

- **PC de sobremesa.** Es la mejor opción en cuanto a la relación potencia-precio. Todas las soluciones de software, ya sean de pago o gratuitas, cuentan con versión de Windows. Sin embargo, el tamaño y la portabilidad es un problema. Si optamos por ésta opción, nos encontramos con que el usuario sólo puede utilizar el dispositivo en el lugar donde se encuentre el ordenador, no pudiéndolo utilizar en ningún otro sitio.
- **Ordenador portátil.** Con esta opción solucionamos el problema de la portabilidad planteado en el punto anterior. Sin embargo, volvemos al problema del precio, donde con facilidad doblamos el precio de un sobremesa, en un equipo con prestaciones equivalentes.
- **Tablet-PC.** De nuevo la ventaja de la potencia del sistema operativo toma peso en la valoración de esta opción. El tamaño parece muy adecuado para nuestro uso. Además, cuenta con todas las conexiones, altavoces, pantalla, etc., todo integrado dentro de un solo aparato. El sistema operativo, Windows, parece el entorno ideal para cualquier solución de software existente o a desarrollar. Como desventajas tenemos que tener en cuenta el precio, principalmente. Un modelo actual supera con creces el precio de un PC de sobremesa, y si adquirimos un modelo antiguo, de segunda mano, veremos reducidas las prestaciones del equipo.

3.3. Toma de decisiones.

- ▶ **Dispositivo principal.** Para poder realizar una adecuada toma de decisiones, se opta por, en primer lugar, estudiar el mercado y comparar precios de los dispositivos que se consideran más apropiados, que son el ordenador portátil, el PC de sobremesa y el tablet-pc. Tras hacerlo someramente, se comprueba que la mejor opción será buscar en el mercado de segunda mano un tablet-pc, ya que son precios que se ajustan a nuestro presupuesto, y sus características y prestaciones son las mejores para el objetivo que buscamos. Se toma la decisión de sacrificar prestaciones para reducir el coste, ya que, para el uso que se le va a dar, no necesitamos una gran capacidad de procesamiento ni de almacenamiento.
- ▶ **Acceso al PC.** Por otro lado, para el acceso al PC, se opta por un tablero con pulsadores para de esta forma acercarnos lo más posible al tablero alfabético que el usuario viene utilizando y al que está más habituado físicamente a utilizar. Los movimientos de su brazo serán, en principio, los mismos que realiza ahora y por ello más naturales. Además, el tamaño de los pulsadores se intentará que sean de un tamaño similar al de las casillas de su tablero.
- ▶ **Adaptación a la silla de ruedas.** La decisión tomada en cuanto a la adaptación del dispositivo a la silla es dotarlo de la mayor portabilidad y sencillez de montaje/desmontaje posible. Por ello se intentará, en la fase de diseño, conseguir un resultado que pueda usarse en cualquier lugar y situación, de modo que el usuario pueda comunicarse a través del dispositivo en cualquier momento de su vida diaria.

3.4. Diseño dispositivo #1.

Para el diseño del dispositivo hay que partir de la parte fundamental del mismo, desde la cual se irá desarrollando el resto de elementos. Esta parte es el tablero de acceso al PC. Por ello, en esta fase del diseño hay que tener en cuenta varios puntos básicos:

- ▶ **Tamaño:** ha de ser de un tamaño que permita incluir todos los botones necesarios para el manejo del software. En principio, y a falta de profundizar en la parte del software, con cuatro botones direccionales y dos botones de función será suficiente para casi cualquier aplicación.
- ▶ **Posición:** ha de ser adecuada al movimiento del brazo del usuario. Se toma como base el tablero alfabético que viene utilizando, cuya posición se imitará, para un movimiento natural.
- ▶ **Botones:** han de ser de un tamaño que favorezca la precisión de movimientos del usuario y le permita accionarlos cómodamente. De nuevo, se tomará como base el tamaño de las casillas del tablero comunicador del usuario. Se comprueba que pulsadores convencionales del tipo doméstico se adaptan correctamente.

Con estas premisas, se prepara un tablero en contrachapado, donde se realizan unos orificios para fijar los pulsadores.



4. Prototipo de tablero para pruebas

Con este prototipo de tablero (imagen 4) se realizan una serie de pruebas con el usuario, para comprobar que puede acceder a todos los pulsadores cómodamente, y que los puede accionar sin problema. Las pruebas resultan, aparentemente, satisfactorias, de modo que se puede continuar con el diseño del dispositivo.

Paralelamente, se estudia el diseño del conjunto del dispositivo, que ha de integrar todos los elementos necesarios para su uso:

- ▶ Soporte para el tablet-PC. Ha de estar a una altura a la que su visión sea cómoda.
- ▶ Fuente de alimentación del PC.
- ▶ Altavoces para dotar de sonido al dispositivo.
- ▶ Espacio para la circuitería y la electrónica necesaria para el acceso al PC.
- ▶ Elementos de fijación a la silla de ruedas que permitan un montaje/desmontaje sencillo.

Teniendo en cuenta todo ello, se opta por construir un cajón en perfilera de aluminio. Éste ha de tener, en su parte superior, los pulsadores. En el frontal, los altavoces, y los laterales se aprovecharán para los conectores necesarios y los elementos de fijación. Asimismo, en el vértice superior, se montará un elemento de fijación para el tablet-PC, quedando de esa manera a una altura ideal para que el usuario tenga una visual cómoda y clara de la pantalla.

Una vez consultados los suministradores locales, se opta por utilizar para el montaje perfilera de aluminio lacado en blanco, del tipo que se utiliza en marquesinas y carteles, ya

que presenta una facilidad de montaje y trabajado adecuada, además de contar con todo tipo de piezas para conformar la estructura necesaria, tales como esquineras, uniones, etc., todo ello con perfiles redondeados nada agresivos para el usuario.

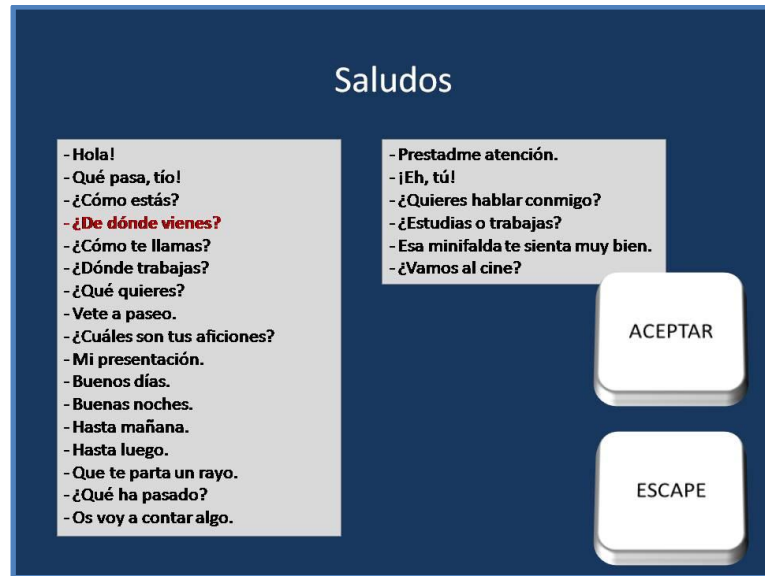
Para la fijación del conjunto a la silla de ruedas, y una vez estudiada la estructura de la misma, se observa que el método más sencillo para que el montaje/desmontaje sea cómodo es el sistema de “bayoneta”, es decir, fijando dos tubos rectangulares a los laterales del conjunto, que encajarán en sendos soportes montados en los laterales de la silla. Con esto, conseguiremos que el montaje sea en segundos.

En cuanto al software, y de cara al diseño, hay unos cuantos conceptos básicos que se han de implementar.

- ▶ El programa ha de iniciarse automáticamente al arrancar el ordenador. Esto es muy importante, ya que de esta manera cualquiera (la familia, principalmente) puede proporcionar el acceso del dispositivo al usuario.
- ▶ Ha de tener un sistema de sintetización de voz.
- ▶ Ha de incluir una serie de frases habituales pre-construidas, a las que se accederá a través de un menú principal. Este menú se manejará a través de los pulsadores del tablero.

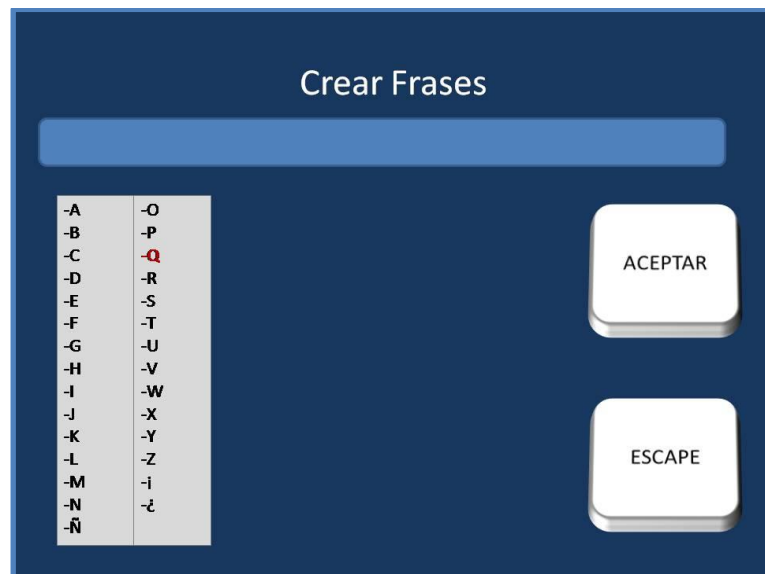


5. Estructura del menú principal



6. Estructura del submenú "Saludos"

- Ha de incluir un apartado en el que pueda construir palabras, y frases, a través de un teclado alfanumérico en pantalla, que manejará también a través del tablero. Se intentará incluir la posibilidad de guardar las palabras construidas en la base de datos para así tener un acceso directo posterior.



7. Estructura del submenú "Crear frases"

En cualquier caso, la idea inicial es ir mejorando y desarrollando el software a medida que el usuario vaya perfeccionando su manejo, y vayamos viendo las necesidades que le surjan. Este será un trabajo paralelo al aprendizaje y entrenamiento del usuario con el dispositivo.

4. Dispositivo #1.

4.1. Implementación y desarrollo.

El desarrollo y construcción del dispositivo se ha realizado en dos fases diferenciadas. Estas fases han sido la de la construcción del dispositivo físico en sí, y la de la implementación del software que permita la comunicación oral del usuario.

Dichas fases han sido coincidentes en el tiempo. Con esto se quiere decir que durante el proceso de desarrollo del dispositivo, se ha ido trabajando paralelamente en las dos fases. Ello ha sido necesario dado que a medida que se iba avanzando surgían continuamente problemas o inconvenientes que nos hacían modificar enfoques y diseños, además de que nuevas ideas surgían y las más interesantes era necesario incluirlas por el valor que añadían.

4.1.1. Hardware.

La primera tarea realizada en la fase de la construcción de la parte física fue la búsqueda y compra del tablet-PC. Para ello se sondeó el mercado de segunda mano en internet. En la web de ebay se encontraron varias opciones, sobre las que se buscó información pormenorizada acerca de sus características.

Finalmente, se decidió adquirir un tablet-PC Fujitsu Stylistic 500. El vendedor permitía comprarlo sin sistema operativo instalado, lo que abarataba la operación, por lo que resultó ser una óptima compra.



8. Tablet-PC Fujitsu Stylistic LT-500

Tras varios intentos infructuosos de instalar un sistema operativo al equipo, dada la complejidad de hacerlo sin unidad de DVD, se pide ayuda a un compañero informático que amablemente nos instala Windows 2000 en el tablet.

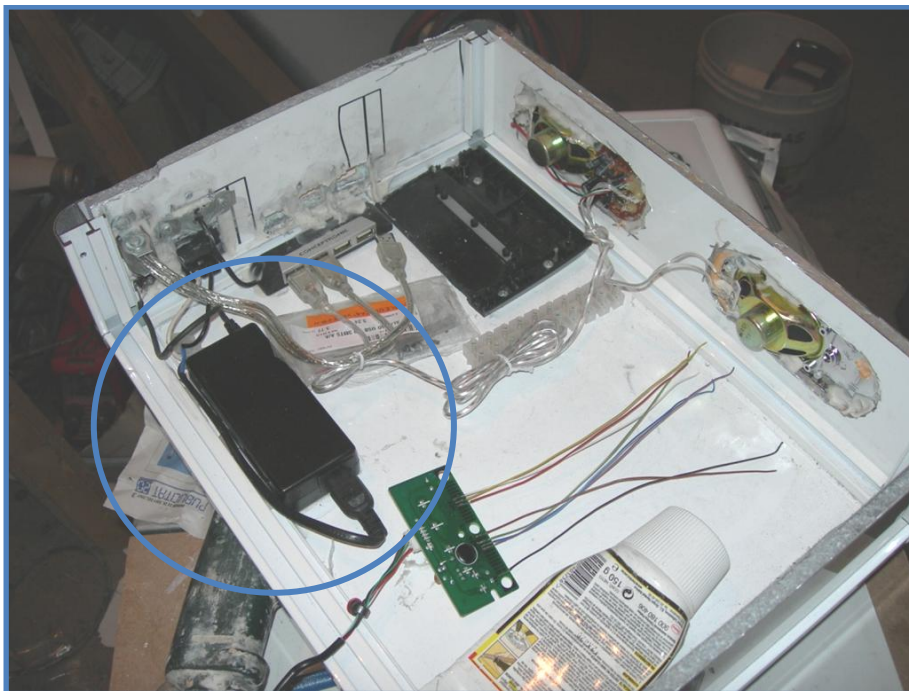
Seguidamente, se procede a la construcción del cajón de aluminio que ha de albergar todos los componentes necesarios. Se realiza la compra del material en un almacén local, y se comienza con el trabajo en el taller. Los pasos seguidos son los siguientes:

- ▶ **Conformado de la estructura del cajón.** Se cortan los perfiles, con las dimensiones de 60x40x20cm, cuya anchura hacemos coincidir a la de la silla de ruedas, para que el sistema de bayoneta pensado encaje con facilidad. Esto nos da una superficie de tablero para los pulsadores de dimensiones muy adecuadas.



9. Estructura del cajón terminada

- ▶ **Montaje de los elementos interiores del cajón.**
 - ▶ **Fuente de alimentación.** Se fija al cajón y se preparan conexiones externas para la alimentación a 220V y a 19V para el tablet. Se incluye un interruptor para el encendido/apagado completo del equipo.



10. Detalle de la fuente de alimentación en el cajón

- **Altavoces.** Se adquieren unos altavoces autoamplificados USB, que se desmontan y se fijan al frontal del cajón.



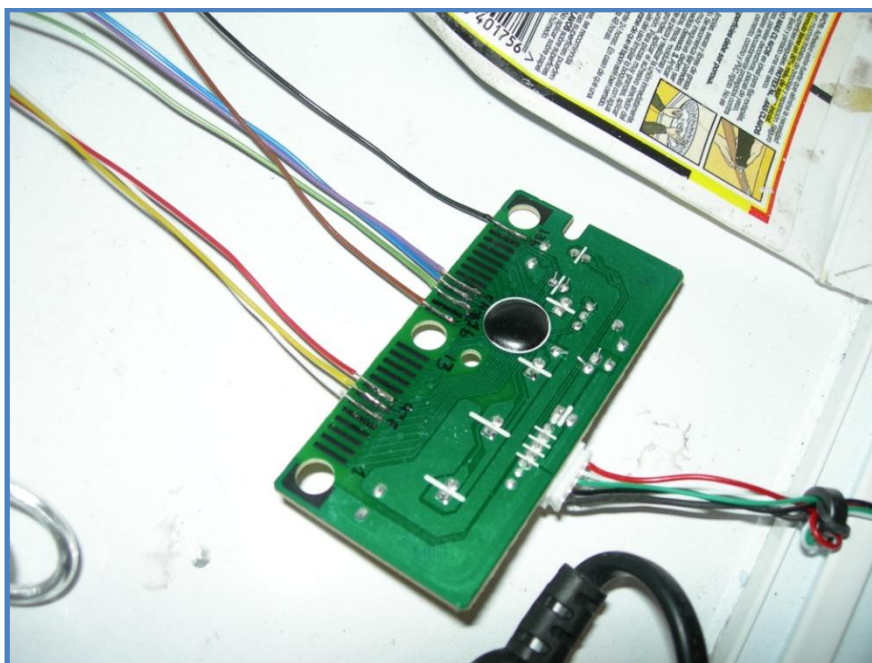
11. Detalle de los altavoces, instalados en el frontal

- **Teclado.** Se utiliza un teclado USB como sistema de acceso al PC. Se desmonta y se fija al cajón la circuitería electrónica del mismo, a la que se suelda un cableado que conecta la placa a los diferentes pulsadores del tablero. Las teclas utilizadas son las cuatro direccionales y las de “intro” y “escape”. Y para

el tablero, situado en la parte superior, se utilizan 6 pulsadores convencionales, del tipo de los usados para los timbres de las puertas. Se elige una serie con un perfil redondeado, de modo que sea lo menos agresivo posible para el usuario.



12. Detalle del desmontaje del teclado



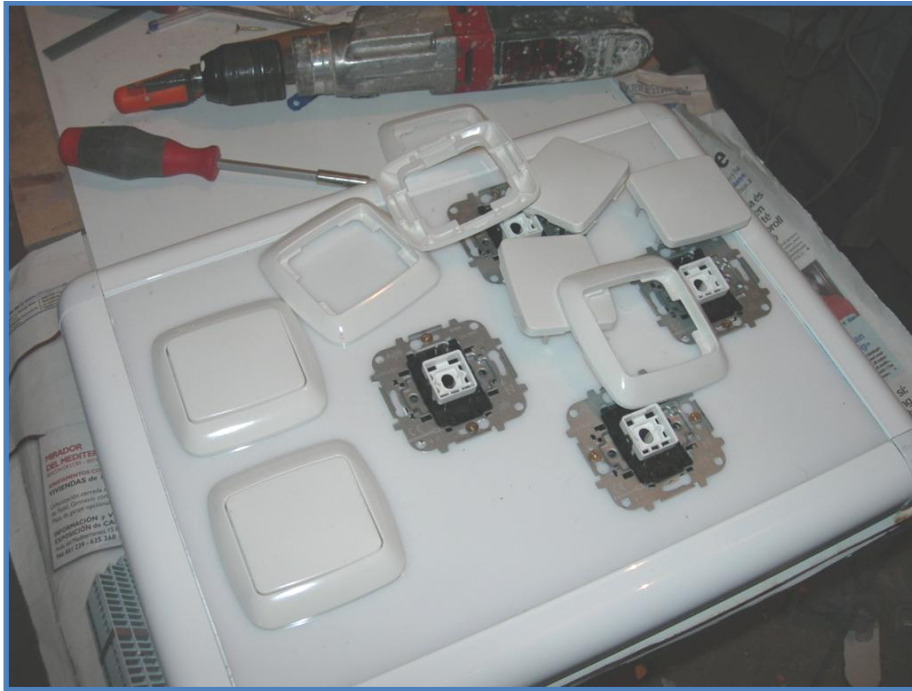
13. Detalle de la circuitería del teclado, con los terminales a usar ya soldados



14. Detalle de la regleta de conexión para los pulsadores

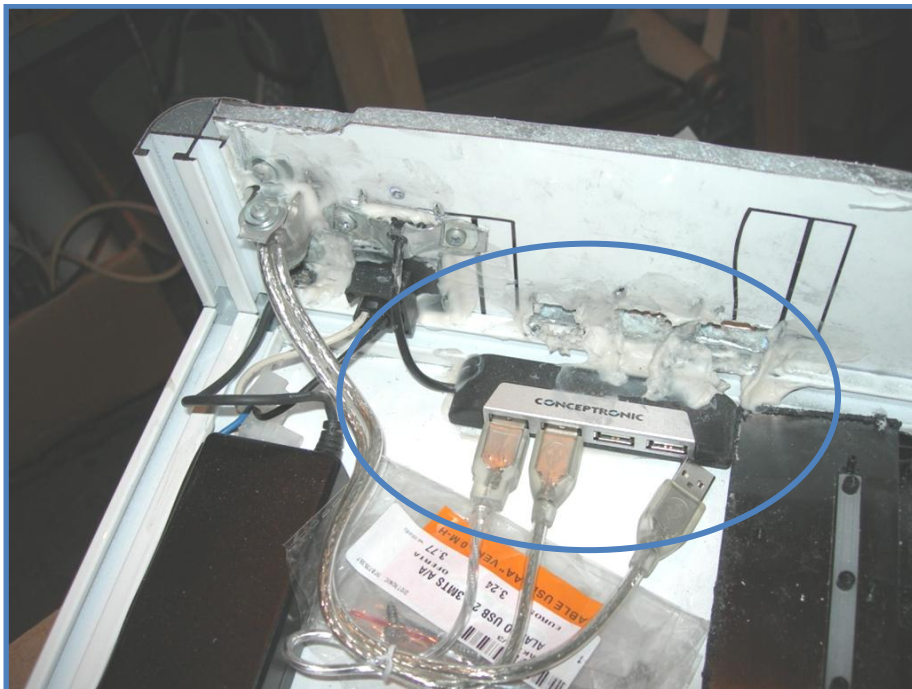


15. Vista general del cableado de los pulsadores

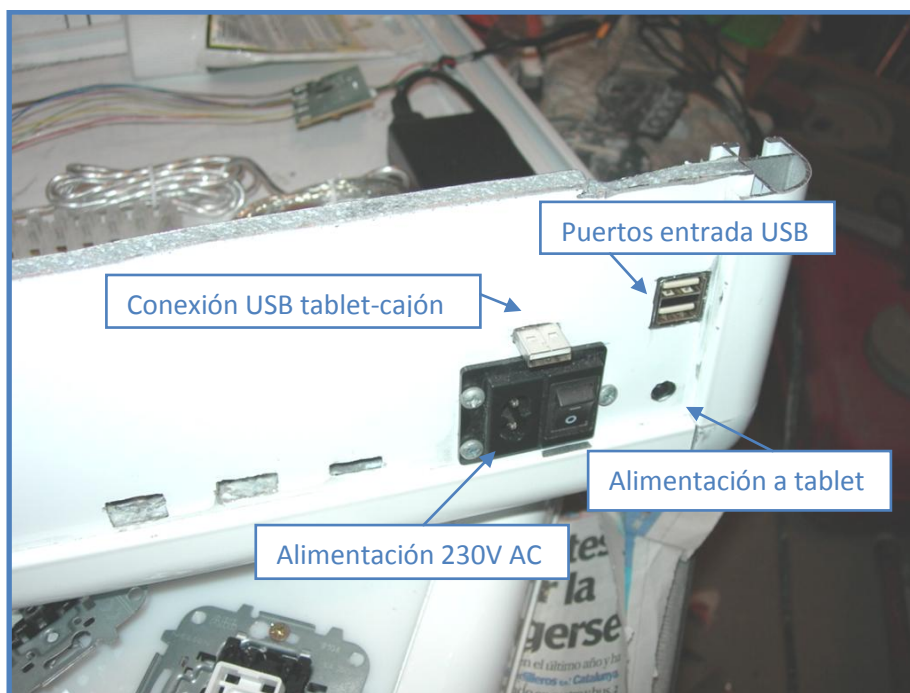


16. Detalle de la instalación de los pulsadores

- **Hub USB.** También se fija interiormente un concentrador USB de cuatro puertos para poder conectar al tablet todos los elementos, ya que no cuenta con puertos USB suficientes para nuestras necesidades. A dicho concentrador se conectan el teclado, los altavoces y dos conectores que se fijan en un lateral del cajón para poder conectar de esa forma diferentes periféricos al tablet, como pueden ser ratones y memorias flash.



17. Detalle del concentrador USB



18. Vista en detalle de las conexiones del cajón

- **Sujeción del cajón a la silla.** Para ello, se utilizan dos tubos de aluminio de perfil rectangular, que se fijan a los laterales del cajón, dándole la inclinación que previamente se comprobó con el prototipo de tablero que era la más adecuada y cómoda para el usuario. Y por otro lado, se fijan en los soportes para los pies de la silla de ruedas dos perfiles tipo “U”, donde se encajará todo el conjunto.



19. Instalación de los soportes en la silla de ruedas



20. Vista general del sistema de sujeción

- Sujeción del tablet-PC al cajón. Por último, para fijar el tablet al conjunto se montan otros dos perfiles tipo “U” sobre el ángulo superior del cajón, de modo que se pueda encajar fácilmente el tablet simplemente deslizándolo por los perfiles. Se le da una inclinación adecuada para una visión correcta de la pantalla por parte del usuario, y se practican unos orificios en los perfiles para dar acceso a los conectores del tablet.



21. Detalle de la sujeción del tablet

El resultado final lo podemos ver en las siguientes imágenes:



22. Resultado final, imagen posterior



23. Resultado final, imagen anterior

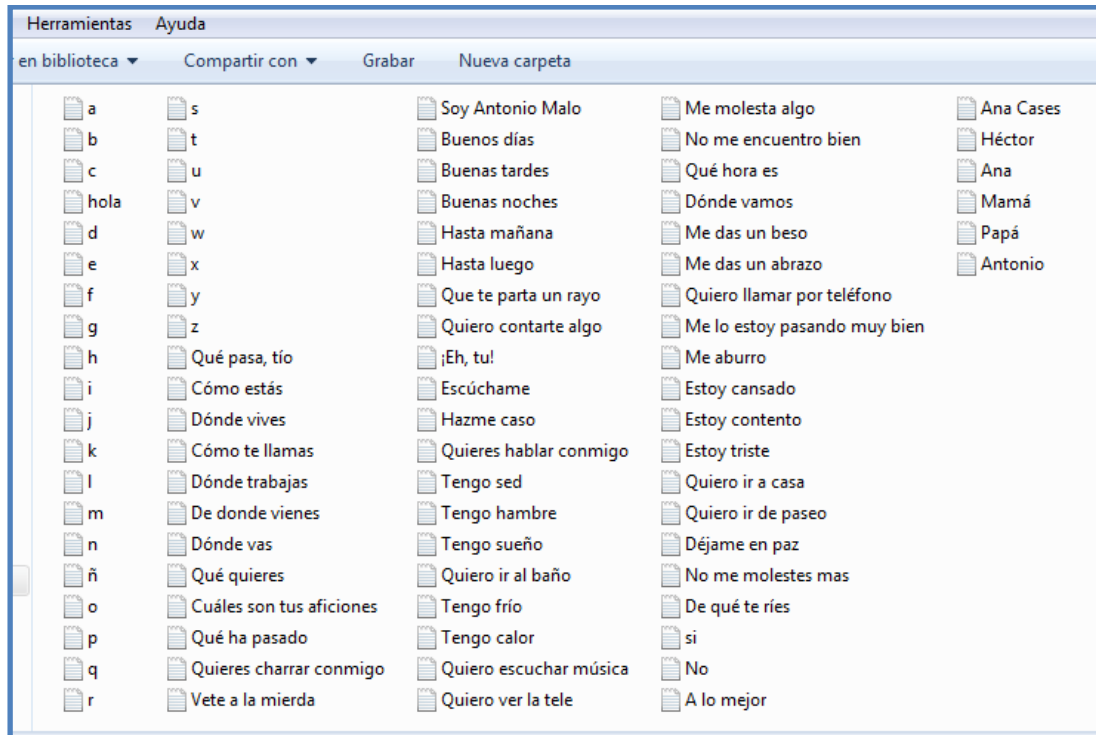
4.1.2. Software.

Durante la fase del desarrollo del software se trabajó durante un tiempo en varias opciones, pero por diversos problemas e inconvenientes hubo que ir haciendo cambios. Veremos a continuación cuáles fueron esas opciones.

- **Opción 1. Programación propia.** En un principio, se pensó en realizar la programación de la aplicación del comunicador desde cero. Aunque entrañando bastante dificultad, tenía el valor añadido de aprender nuevas materias durante el desarrollo. Buscando información sobre el tema, se barajaron varias plataformas de programación (java, visualbasic...), sin embargo los conocimientos previos en cada una de ellas, de entrada, no eran suficientes para conseguir el resultado deseado. Se pensó en realizar algún curso, pero suponía un retraso considerable.

Tras ello, se contactó con un amigo programador, que tenía avanzados conocimientos en java y bases de datos. El proyecto le encantó, y se realizaron varias reuniones de trabajo para empezar con la tarea. Lamentablemente, la falta de tiempo del programador hizo que por desgracia se tuviera que apartar del proyecto. En cualquier caso, de la experiencia surgieron varias ideas y conceptos que fueron posteriormente de gran utilidad.

- ▶ **Opción 2. Comunicador Stephen Hawking.** Durante la búsqueda de soluciones para la aplicación informática, se encontró información acerca del comunicador que utiliza el físico Stephen Hawking. Se llama eLocutor, es de libre y de código abierto, programado por un equipo liderado por el profesor e investigador Arun Mehta, de la universidad de Nueva Delhi, en la India. Se consiguió ponerse en contacto con él, y a través de numerosas comunicaciones a través de correo electrónico proporcionó valiosísimas informaciones acerca de sus trabajos y proyectos, todos englobados actualmente en facilitar la comunicación a niños con autismo, parálisis cerebral y trastornos similares. También facilitó una copia del comunicador eLocutor, que sin embargo presentaba dos graves inconvenientes. Uno, que estaba en inglés, y había que traducir absolutamente toda la base de datos de palabras y de gramática. Y dos, que su uso es realmente complicado y con una curva de aprendizaje alta, sobre todo para el usuario por sus características concretas. El comunicador eLocutor funciona con un botón, que tiene dos estados, pero además usa una tercera variable que es el tiempo entre pulsaciones, aspecto de difícil manejo para Antonio, ya que su acusada espasticidad no permite alcanzar este nivel de precisión en las pulsaciones. Por ello, y aunque tremendamente agradecido al profesor Mehta, hubo que desechar también esta opción.
- ▶ **Opción 3. Aplicación TTS (text-to-speech).** Durante la realización de pruebas sobre los diferentes sintetizadores de voz que hay disponibles en internet, y de los programas que convierten texto a voz (TTS, text-to-speech), se observó una característica de los mismos que finalmente se decidió utilizar por su aparente sencillez, y que servía perfectamente para empezar a hacer pruebas con el usuario, ya que la parte física del dispositivo ya estaba terminada. Dicha característica es la de leer archivos de texto (con extensión .txt), con sólo pulsar una tecla o copiar el texto al portapapeles de Windows. Así pues, se preparó una carpeta con multitud de archivos de texto. En cada uno de ellos estaba escrita, tanto en el nombre del archivo como en su interior, una frase diferente a comunicar por el usuario; así como un archivo para cada una de las letras del alfabeto. La mecánica para utilizar el comunicador mediante este sistema es muy básica, pero simple y sencilla de implementar: en el inicio de Windows se incluye la carpeta con los .txt y el programa de texto-a-voz, por lo que se inicia todo lo necesario automáticamente al encender el ordenador. El usuario, mediante las teclas direccionales del teclado, selecciona el archivo de texto que quiere comunicar, entonces pulsa la tecla “intro” del tablero, y el programa reproduce por los altavoces el texto incluido en el archivo, a través del sintetizador de voz.



24. Grupo de expresiones, palabras y frases utilizadas

Una vez comprobado el correcto funcionamiento de todo el conjunto, se procede a realizar una primera toma de contacto con el usuario, y a empezar con las pruebas para hacer una evaluación del trabajo realizado, y poder así analizar los resultados obtenidos.

4.2. Evaluación y resultados.

Evaluación

Para la evaluación, se traslada el dispositivo al domicilio del usuario, para que las pruebas sean en un entorno cómodo y familiar, y que no causen más estrés y nerviosismo del propio inherente a la prueba.

Se explica el principio de funcionamiento del dispositivo al usuario, que comprende rápida y perfectamente, se hacen una serie de demostraciones prácticas del mismo por parte del proyectando, y se fija el dispositivo a la silla de ruedas del usuario para comenzar con las pruebas.

Dichas pruebas se dividen en dos partes:

- Toma de contacto con el sistema de utilización del dispositivo. Se comienza con las primeras pulsaciones de los accionadores, pulsaciones que han de ser voluntarias, tanto en número de pulsaciones, como en tiempo entre las

mismas. Asimismo, se le solicita que haga cambios de un pulsador a otro a indicación del proyectando.

- **Uso del software.** Con el PC ya en marcha, se empieza a utilizar el sistema de comunicación. Se solicita al usuario que busque y comunique frases determinadas a indicación del proyectando, para lo que tiene que desplazarse por las diferentes frases en pantalla, a través de pulsaciones voluntarias. Y por último, se solicita al usuario que conteste a preguntas que se le realizan, y que comunique todo lo que le apetezca decir, todo ello a través del comunicador.

Resultados

Los resultados observados, tras la realización de las pruebas, son los siguientes:

- **Los movimientos del brazo son lentos y poco fluidos.** Le cuesta mucho trabajo y esfuerzo tanto cambiar de un pulsador a otro, como pulsar varias veces en el mismo pulsador un número concreto de repeticiones. Pese a tener el tablero del dispositivo la misma posición, tamaño e inclinación que el tablero alfabético que el usuario usa para comunicarse, los movimientos del brazo sobre el dispositivo no son iguales, son mucho más imprecisos e involuntarios. Asimismo, se observa, tras media hora de pruebas, un excesivo cansancio y un aumento de la espasticidad y de la agitación nerviosa del usuario, así como un evidente deterioro progresivo de la precisión en los movimientos durante la prueba. Todo es generado por el considerable esfuerzo que el usuario ha de hacer para generar los movimientos con la precisión necesaria.

La razón de ello parece ser evidente: el tablero del dispositivo no es plano como el alfabético, sino que tiene relieve (los propios pulsadores). Lleva años usando un tablero plano, por lo que está acostumbrado a simplemente deslizar la mano sobre la superficie, sin necesidad de levantarla. Sin embargo, para accionar los pulsadores ha de levantar la mano. Es muy poca altura a superar, pero es más que suficiente para impedir que el movimiento del brazo sea correctamente controlado por el usuario. En el momento en que se levanta el brazo del tablero, la precisión desaparece por completo.

Pese a haber hecho diversas pruebas con el prototipo de tablero, no se observó este detalle. Parece claro que las pruebas con el prototipo deberían haber sido mucho más exhaustivas.

- **El software parece adecuado aunque necesita revisarse.** Cumple con su cometido perfectamente, pero debido a los problemas explicados en el punto anterior, todo lo relacionado con la aplicación informática queda en un segundo plano hasta la resolución de los problemas aparecidos. Especialmente teniendo en cuenta que, hasta que no se haya definido un sistema de acceso al PC realmente adecuado, no es conveniente desperdiciar tiempo en esta parte del dispositivo, ya que es evidente que necesitará cambios que habrá que establecer una vez resuelto lo anterior.

En cualquier caso, ya se ha explicado que el software preparado para las pruebas es provisional, y fue realizado de cara a la evaluación. Sirve como base y punto de partida para la versión definitiva.

4.3. Conclusiones.

El resultado de la evaluación es rotundo: **los resultados suponen un fracaso**, y el dispositivo no sirve para lo que ha sido diseñado. Necesita una profunda revisión, y muy probablemente, empezar de cero en varios aspectos.

Aunque a nivel personal la sensación no es grata, en lugar de ser objeto de desánimo, todo lo ocurrido no sirve sino como acicate para seguir con el proyecto aún con más empuje, si cabe. Se van a utilizar los errores como lecciones para el futuro, por lo que lo trabajado va a servir para aprender, enriqueciendo los conocimientos de este proyectando.

Veremos a continuación las decisiones tomadas en cuanto a la orientación del proyecto, una vez analizados los resultados obtenidos.

5. Reorientación del proyecto.

Evidentemente, el proyecto, a partir de este punto, necesita una reorientación, que veremos a continuación.

5.1. Análisis de errores.

Tras las pruebas realizadas y los resultados obtenidos, llega el momento de analizar toda la información, y estudiar en qué nos hemos equivocado y cómo podemos solucionarlo. Veamos una lista de los principales errores.

- ▶ **Conocimientos insuficientes.** El problema básico del dispositivo que ha sacado a la luz la evaluación realizada es que **el usuario no puede acceder al PC con comodidad y fluidez**. Por ello, el principal error es claro para este proyectando: no se tienen **conocimientos suficientes** en materia de discapacidad y psicomotricidad para estudiar y facilitar adecuadamente el acceso al ordenador por parte del usuario. Mientras que la parte técnica ha sido sobradamente cubierta, no lo ha sido así con la parte del estudio de las capacidades físicas del usuario.
- ▶ **Pruebas previas incorrectamente realizadas.** Otro de los problemas ha sido que las pruebas con el prototipo de tablero no fueron ni correctamente realizadas ni, por tanto, correctamente evaluadas. Debieron ser realizadas de forma más exhaustiva, y supervisadas por algún técnico en materia de psicomotricidad y/o discapacidad; alguien con los conocimientos y experiencia necesarios para ver los problemas que un profano en la materia no es capaz de detectar.

5.2. Toma de decisiones. Nueva orientación.

La decisión principal a tomar es cuál va a ser la dirección que ha de tomar la nueva orientación que, imperativamente, ha de tomar el proyecto. Por ello, se decide lo siguiente:

- ▶ Paralizar el desarrollo del dispositivo actual, y no realizar ninguna modificación hasta consultar con profesionales del campo de la discapacidad y la psicomotricidad nuestro caso concreto.
- ▶ Las pruebas a realizar, a partir de este momento, ya sean con prototipos, pruebas intermedias o con equipos terminados, serán siempre supervisadas por personas ajenas al desarrollo del proyecto, y que tengan los conocimientos concretos y suficientes para descubrir a tiempo los problemas e inconvenientes que puedan surgir durante la realización de las evaluaciones.
- ▶ Tomar la determinación de consultar cualquier duda que se presente a los profesionales o técnicos que se consideren más adecuados en cada caso para resolverla, siempre antes de usar tiempo en cualquier trabajo a acometer, de forma que el uso de horas de trabajo sea lo más eficaz posible.

5.3. Coordinación interdisciplinar.

A medida que se va avanzando con el proyecto, cada vez toma más fuerza la evidencia de que la piedra angular en un trabajo de este tipo ha de ser la colaboración interdisciplinar. Por ello, se decide ponerse en contacto con el colegio de educación especial “Gloria Fuertes”¹, de Andorra, en Teruel. Dicho colegio es al que nuestro usuario, Antonio, asistió hasta la edad de 20 años, y donde se le enseñó a leer y escribir. Sus docentes le conocen sobradamente, por lo que parece un punto de partida ideal para la nueva orientación que se le quiere dar al proyecto.

El mencionado colegio es puntero a nivel nacional y europeo, por su revolucionario sistema docente, por sus valiosísimos profesionales, y por sus múltiples proyectos educativos, galardonados en frecuentes ocasiones con premios de todo tipo. Como breve resumen, veamos a continuación las áreas de trabajo a las que se dedica:

- ▶ **Ámbito del Apoyo al Aprendizaje:** Área de Terapia Psicomotriz; Área de Fisioterapia; Área de Logopedia.
- ▶ **Ámbito de los Aprendizajes Básicos:** Área de Integración Sensorial; Área de Educación Física y Psicomotriz; Área de Comunicación y Lenguajes Expresivos, dividida a su vez en tres subáreas: Subárea de Lenguaje y Comunicación, Subárea del Desarrollo Lógico Matemático y Subárea de la Educación Artística; Área de Autonomía Personal y Social; Área de Conocimiento y Participación en el Medio.
- ▶ **Ámbito del Apoyo Educativo:** Área de Intervención Psicopedagógica; Área de Intervención Socio-familiar; Área de la Salud.
- ▶ **Ámbito de la Formación Profesional:** Programa de Cualificación Profesional Inicial Especial y Programa de Transición a la Vida Adulta (Este ámbito ha cambiado respecto al inicial, que es el aparece en el cuadro de abajo).

Nos ponemos en contacto con Peña Martínez, directora del centro, y con Alfonso Lázaro, responsable del área de psicomotricidad, y tras explicarles nuestro proyecto y los problemas experimentados, se muestran encantados de concertar una cita, donde poder ver al usuario utilizando el dispositivo, intentar detectar los problemas, y tratar de buscar las posibles soluciones.

Así pues, realizamos la reunión, donde acudimos con el usuario y con el dispositivo, el cual se monta en la silla, y nos ponemos a disposición de Alfonso, experto en psicomotricidad, equilibrio corporal y funciones motoras, el cual nos va dando las pertinentes instrucciones durante la evaluación.

Rápidamente, y gracias a su dilatada experiencia, observa que el usuario no tiene tono muscular ni precisión suficiente en el brazo derecho para las operaciones que son necesarias para manipular el dispositivo de comunicación. Y tras algunas pruebas más, nos dice que la parte del cuerpo de Antonio que presenta mayor precisión y mejor tono muscular para

¹ <http://www.colegiogloriafuertes.es/>

nuestras necesidades es la cabeza, cuando se mantiene ésta en determinada posición. Dicha circunstancia la descubre gracias a un pulsador adaptado que coloca a la altura de la cabeza, en su parte trasera, mientras va indicando al usuario que realice pulsaciones según sus precisas instrucciones.

El resultado de esta evaluación es también contundente: **hay que cambiarlo todo**. El cajón desaparece, así como el tablero con los pulsadores. Hay que cambiar a un sistema con un solo botón accionado por la cabeza, por lo que habrá que diseñar un brazo regulable para soportarlo. Asimismo, el enfoque del software también necesita un profundo cambio, hay que preparar uno que funcione por “barrido”, ya que disponemos de un sólo botón como sistema de acceso al PC.

Y lejos de suponer una decepción por la confirmación de que el primer dispositivo desarrollado no es el adecuado a las características y habilidades del usuario, el resultado de la reunión no puede resultar más satisfactorio: nuestros problemas han sido detectados, y las soluciones han sido propuestas. Por ello, nos ponemos inmediatamente manos a la obra con la nueva orientación del proyecto.

6. Dispositivo #2.

6.1. Análisis y diseño.

El dispositivo #2 ha de reunir una serie de premisas fundamentales, para cumplir con los objetivos y requerimientos marcados por los profesionales consultados. A saber:

- ▶ **Brazo para el botón.** El brazo ha de ser regulable, para poder ajustar la posición del botón tanto para su primer uso, como para posteriores modificaciones que puedan ser necesarias. También sería interesante que pueda ser desmontable de una forma sencilla, para que familiares y personas cercanas puedan manipularlo sin excesivos problemas.
- ▶ **Botón.** Ha de ser de un tamaño adecuado; ni demasiado grande para no llamar la atención innecesariamente; ni demasiado pequeño, para que no suponga esfuerzo para el usuario realizar las pulsaciones. También ha de ser lo suficientemente sensible para que detecte pulsaciones suaves, y que la presión no deba ser grande por parte del usuario.
- ▶ **Software.** Ha de funcionar por “barrido”, ya que el único acceso al PC va a ser un solo botón. El sistema de “barrido” funciona resaltando alternativamente las diferentes opciones, menús, etc., que se hayan configurado previamente para funcionar de esta manera. También se ha de tener en cuenta que las expresiones y frases a utilizar deben estar optimizadas en número, y estructuradas en un esquema adecuado, para que el usuario encuentre un acceso ágil y fluido a lo que desea comunicar.

Algo que se advierte durante el análisis del nuevo dispositivo es que el nuevo diseño, al consistir únicamente en un brazo regulable y un botón conectado a un PC, es que la portabilidad del equipo recibe una mejora realmente notable. A partir de ahora podemos decir que el usuario es capaz de utilizar su comunicador en cualquier ordenador, con tan sólo conectar el botón al mismo, o puede también llevar consigo un portátil que puede ser puesto a funcionar en cualquier lugar en que se encuentre.

6.2. Implementación y desarrollo

6.2.1. Hardware.

La parte física del dispositivo se simplifica mucho en esta ocasión.

La exigencia fundamental del diseño es que el acceso al PC se a través de un solo botón, montado éste en un brazo regulable. Para ello, tras estudiarlo detenidamente, se decide asociar este botón al clic izquierdo de un ratón USB, ya el entorno Windows nos facilita esta tarea pudiendo realizar diversas configuraciones sobre dicho clic izquierdo. De este modo,

cada pulsación de la cabeza del usuario sobre el botón corresponderá a una pulsación sobre el botón izquierdo del ratón.

Sustitución tablet-PC

Una de las primeras acciones realizadas en esta fase del proyecto es sustituir el viejo tablet-PC por un mini-portátil, dada la reciente aparición y expansión de estos equipos, que tienen una inmejorable relación calidad-precio, además de que por características técnicas y de tamaño se ajustan perfectamente a nuestras necesidades.

Se vende el tablet-PC, y con lo recibido en la venta mas una pequeña aportación se adquiere un Asus EEE 901, al que se le instala Windows XP, lo que también supone una mejora sustancial de cara a la instalación y uso de las aplicaciones necesarias.



25. Mini-laptop adquirido: Asus EEE 901

Brazo regulable

Tras estudiar las opciones comerciales, cuyos precios se disparan exageradamente, se decide intentar construir uno propio, para intentar conseguir un ahorro que se pueda dedicar a otro aspecto del proyecto.

Para ello, y tras reflexionar un poco sobre el asunto, se detecta la posibilidad de construir un brazo regulable, de forma relativamente sencilla, a partir de un patinete infantil. Como se puede observar en las imágenes correspondientes del anexo, del despiece de uno de éstos artilugios se obtienen las piezas necesarias que tras cierto trabajo en el taller se pueden transformar para hacer servir de forma eficaz como brazo regulable.

Botón

Nos encontramos con la misma situación en cuanto al botón. Hay relativamente bastantes opciones comerciales, pero con unos precios, que sin ser abusivos, no son asumibles en el momento de realizar los trabajos. Máxime si tenemos en cuenta que antes de realizar gastos de importancia, es fundamental comprobar que el gasto va a ser, de alguna manera, útil para el proyecto. Se ha tomado la determinación, especialmente tras la experiencia con el dispositivo anterior, de no realizar ningún gasto de cierta magnitud hasta no haber realizado de forma satisfactoria las pruebas necesarias.

Por ello, y al igual que con el brazo, se estudia la posibilidad de construir un botón similar a los comerciales de forma “casera”, que al menos sirva para realizar las pruebas necesarias. Para ello, se intenta hacerlo con una lámpara de las de tipo “interior de armario”, a la que se le acopla un micropulsador. Y a dicho micro le soldamos un cable, al que en la otra punta soldamos una conexión macho tipo jack de audio de 3,5mm. El resultado obtenido no es especialmente bueno, la pulsación no es todo lo suave que se desearía, pero nos sirve para nuestro propósito inmediato. Al conjunto se le montan unas grapas que sirven para fijarlo al brazo. Dichas grapas permiten asimismo cierto grado de regulación en el ángulo de apoyo de la cabeza sobre el botón.

26. Resultado final del conjunto brazo-botón



Ratón

Se adquiere un ratón USB convencional, el cual se desmonta y se sueldan a los contactos del micropulsador del clic izquierdo dos hilos que a su vez conectamos a una conexión hembra tipo jack de audio de 3,5mm. Dicha conexión la fijamos en un lateral del ratón. De este modo, podemos conectar el botón al clic izquierdo del ratón de forma sencilla. Con esto, damos por terminada la parte física del dispositivo.

NOTA: En una última modificación que se ha realizado recientemente, se ha incluido una mejora consistente en sustituir el ratón USB por uno inalámbrico, de modo que la silla de ruedas ya no tiene ningún punto de unión con el PC, y por otro lado, evitamos los frecuentes enganchones que el usuario sufría con el cable a causa de la espasticidad. Dicha modificación la podemos ver en los anexos.

6.2.2. Software.

En la incesante búsqueda de soluciones informáticas que permitieran proporcionar comunicación oral al usuario según las necesidades presentadas, se descubre el **Proyecto Fressa**².

Es un proyecto que busca generar software enfocado a ayudar a personas con discapacidad y que fue creado por el profesor de matemáticas del Instituto Pla de l'Estany, en Banyoles, Jordi Lagares. En su página web tiene multitud de aplicaciones libres, disponibles para descarga, que aportan soluciones para casi todo el abanico de discapacidades físicas e intelectuales. Una de ellas es el comunicador **Plaphoons**, que una vez descargado y estudiado con detenimiento, parece perfecto para las necesidades del proyecto, por lo que a partir de este momento se sigue trabajando en el dispositivo con el foco puesto sobre esa aplicación en particular.

Llegados a este punto es necesario decir que durante las pruebas que se le hicieron al programa Plaphoons para comprobar si se adaptaba a nuestras necesidades, se pudo observar que determinados aspectos necesitaban algún cambio o mejora de forma que se ajustara al máximo a las capacidades de nuestro usuario. Por ello, se decidió ponerse en contacto con el creador de los programas, Jordi Lagares. Tras explicarle nuestro caso, situación y necesidades, se puso a nuestra completa disposición para realizar los cambios que fueran necesarios (y técnicamente posibles, evidentemente) en Plaphoons o en cualquier otra aplicación del Proyecto Fressa. Se hicieron pues las oportunas indicaciones a través de numerosos correos, y las modificaciones fueron hechas con remarcable agilidad por parte de Jordi. Dichas modificaciones no fueron de mucha magnitud, pero sí de gran utilidad para nuestro proyecto concreto.

² <http://www.xtec.cat/~jlagares/f2kesp.htm>

6.2.2.1. Plaphoons

Introducción

Plaphoons es un programa de comunicación, pensado para personas con discapacidad motora que no se puedan comunicar mediante el habla. Tradicionalmente las personas con estas discapacidades podían comunicarse mediante la ayuda de otra persona y un libro de símbolos llamado **plafón de comunicación**.



27. Marc Dilmé hablando con un libro de plafones tradicional

La finalidad principal de Plaphoons es dar más independencia a estas personas permitiendo que construyan sus mensajes, sugerencias o sencillamente puedan decir lo que les venga en gana de forma totalmente independiente.



28. Marc utilizando Plaphoons para hablar con un conmutador de cabeza

También puede ser utilizado para que estas personas puedan acceder a las capacidades de la lecto-escritura.



29. Marc Buchaca utilizando Plaphoons para realizar ejercicios de lecto-escritura

¿Qué hace? ¿Para qué sirve?

- ▶ Este programa permite crear plafones, y a partir de estos, estructurar los símbolos en casillas para crear mensajes. Estos mensajes pueden ser visualizados directamente en pantalla, ser impresos y/o ser escuchados mediante voz sintetizada o digitalizada.
- ▶ Puede ser utilizado como editor de plafones para imprimirlos en papel utilizando símbolos definidos por el usuario, o bien símbolos **blyss**, o bien símbolos **SPC** (tipo Boardmaker).
- ▶ Se puede utilizar directamente como plafón de comunicación de ordenador activándolo mediante una pantalla táctil o bien utilizando el *mouse* tradicional, directamente, utilizando un *joystick*, o bien con un conmutador que haga la función clic izquierdo utilizando la opción *barrido automático* (escaneo).
- ▶ También se puede utilizar como un comunicador de grabadora.
- ▶ Se pueden aprovechar las capacidades de síntesis de voz y/o voces grabadas si se dispone de un ordenador portátil controlándolo mediante una pantalla táctil,

utilizando el *mouse* tradicional, adaptación del *mouse*, o bien mediante un *conmutador* utilizando el *barrido automático*.

- ▶ **¿Cómo se accede?** Se pueda actuar de forma directa (pantalla táctil, *mouse*) o con *barrido automático* mediante cualquier tipo de adaptación (multimouse, joystick, conmutador).
- ▶ **Opciones de formato:** Permite introducir en los plafones cualquier símbolo (pictogramas, palabras escritas, fotografías...). Las rejillas pueden ser elaboradas según la necesidad de cada usuario teniendo en cuenta el número de casillas y el tamaño.



30. Marina utilizando Plaphoons como comunicador de grabadora

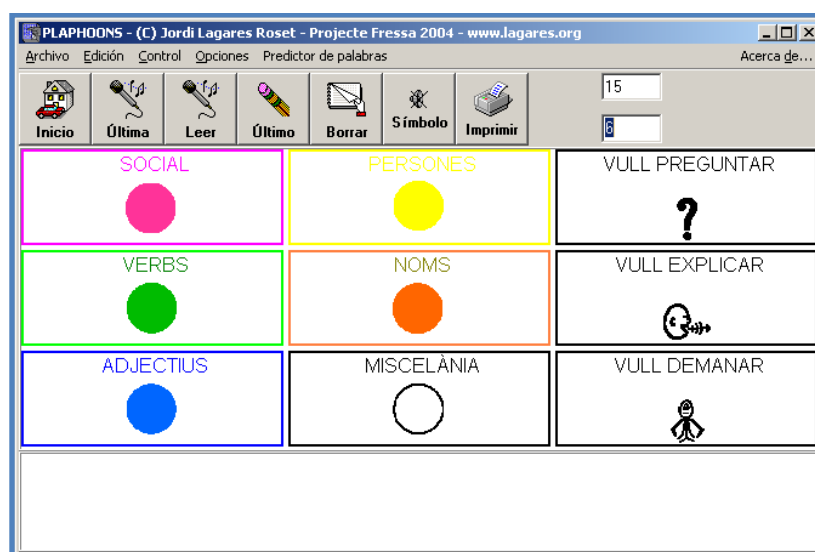
Descripción

El programa actúa de dos formas distintas, **usuario** y **edición**. Es decir mediante el mismo programa hacemos las dos funciones, la de comunicador, y la de edición de plafones, es decir como **herramienta de autor**.

El modo **usuario** (normal) permite crear mensajes (y todas las operaciones del programa) a partir de plafones previamente editados.

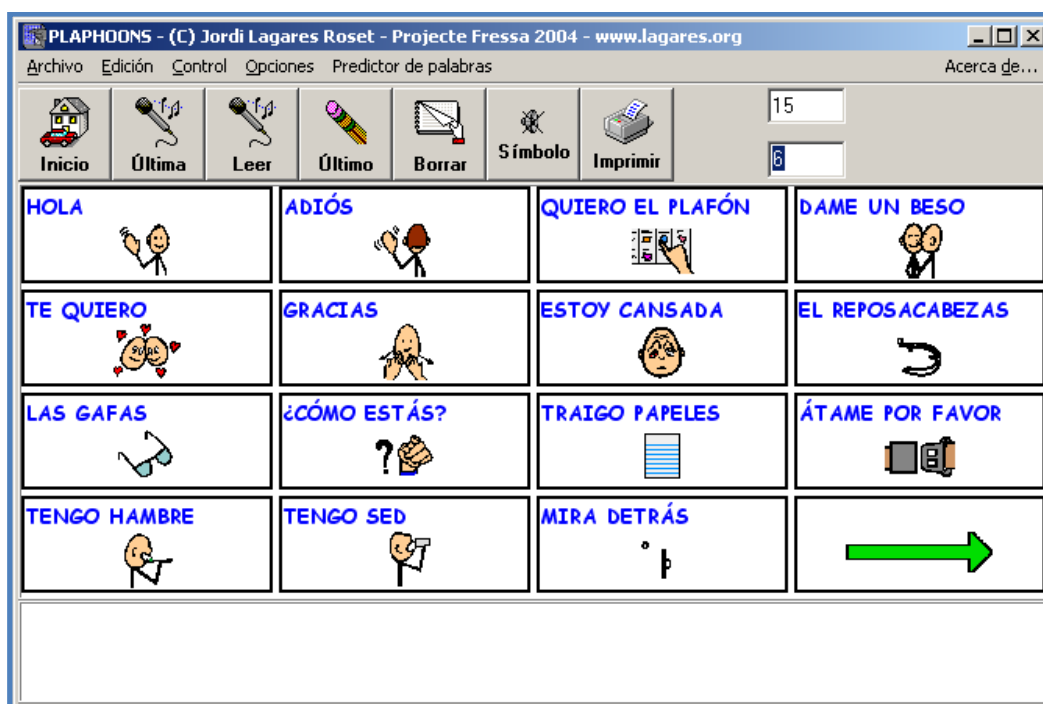
Funcionamiento del modo usuario

Para iniciar el programa hacemos doble clic en el archivo `plaphoons.exe`, y/o abrimos un plafón (con del menú, **Archivo-Abrir...**), así cargamos el plafón deseado.



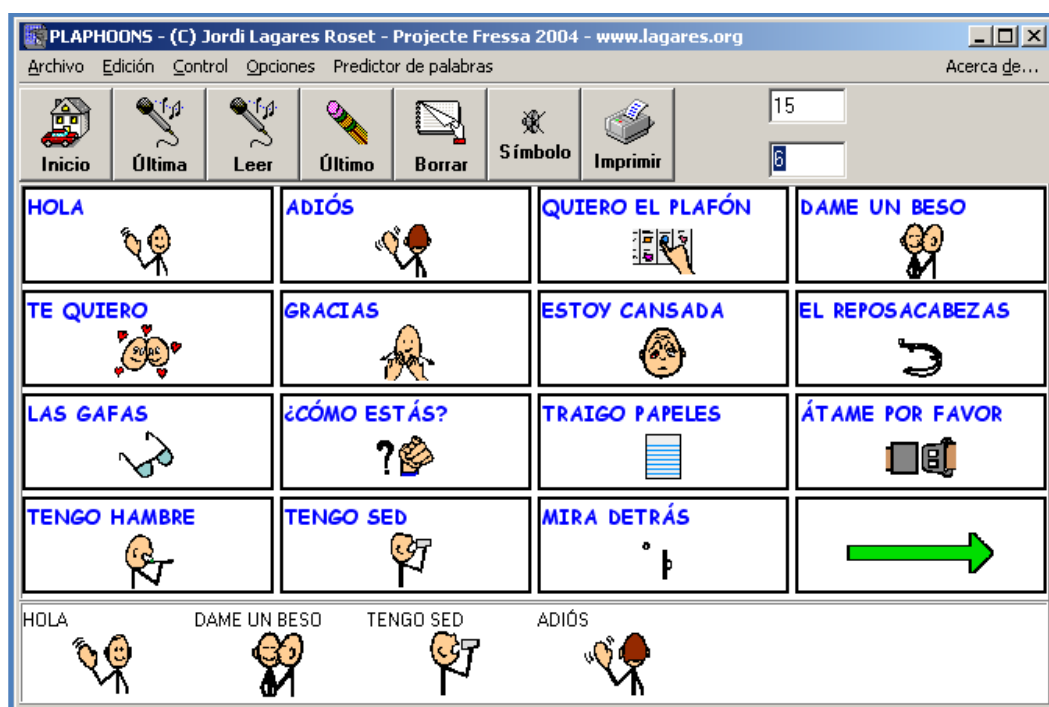
31. Ejemplo de índice por categorías

Para algunos usuarios el primer plafón puede ser un código de colores (actúan como un índice), como en el ejemplo anterior, donde cada uno de los cuales permite ir al resto de plafones donde están ubicados los símbolos correspondientes a su categoría.



32. Plafón correspondiente a la categoría "miscelánea" del ejemplo anterior

Una vez el usuario ha escogido el plafón que desea selecciona la casilla con el símbolo o mensaje que le interesa, y éste se ubica en la franja inferior (ventana de mensajes) hasta que haya compuesto el mensaje entero:



33. Aquí se muestra un mensaje elaborado por un usuario.

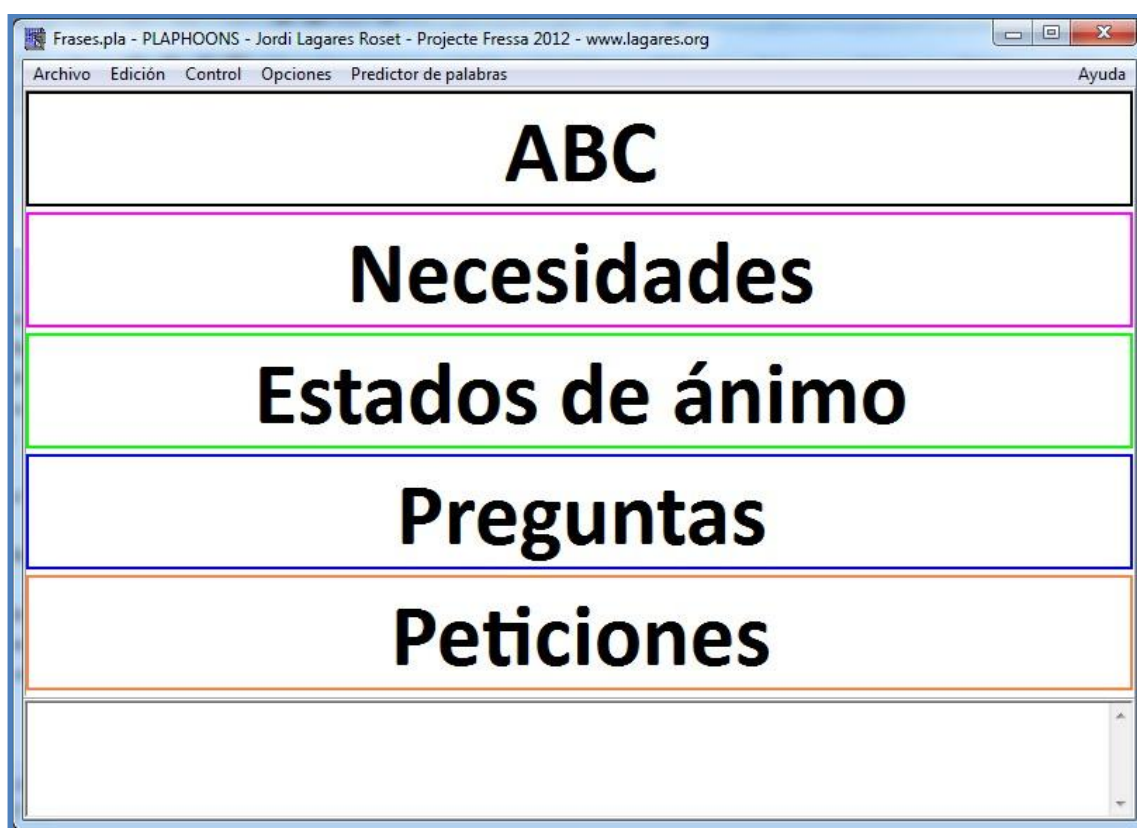
Y ahora, clicando en alguno de los botones de la barra superior, podemos ejecutar la acción deseada, que en nuestro caso la más interesante es la de “leer”, ya que así el mensaje ubicado en la barra inferior es enviado a un sintetizador de voz, y reproducido por los altavoces.

El programa es realmente completo, con multitud de posibilidades de configuración. Nos permite crear el tablero que deseemos, con las filas y columnas que necesitemos, con dibujos, gráficos o sólo letras, con un diccionario predictivo, permite imprimir las frases creadas, utilizar varios sintetizadores (comerciales o gratuitos), configurar el sistema de acceso al programa (botones, conmutadores, etc.). El manual del mismo se puede consultar en su página web, no se ha añadido porque su extensión no hace adecuado el incluirlo en la memoria del proyecto. Nos centraremos ahora en el plafón creado específicamente para nuestro usuario, que se realiza a través del modo edición del programa Plaphoons. Esta función del programa es muy sencilla de utilizar. Simplemente se ha de seleccionar el número de filas y columnas que necesitamos, y en cada una de las casillas de esta matriz, escribir el título que ha de tener, que será lo que se vea en pantalla, incluir un símbolo, dibujo o gráfico, y escribir el mensaje asociado a la casilla, que será el que se envíe al sintetizador de voz cuando se interactúe con la casilla en el modo usuario.

Plafón del usuario

Para el diseño del plafón del usuario se contó con la asistencia de Cristina Roqueta, logopeda del colegio “Gloria Fuertes”. Su ayuda, experiencia y consejos fueron inestimables a la hora de configurar las áreas de uso o categorías, y las frases más frecuentes y que de más ayuda pueden resultar para nuestro usuario. Esto es de gran importancia, ya que una optimización en el número de áreas y de expresiones es fundamental para que el proceso de comunicación sea ágil, fluido y eficaz.

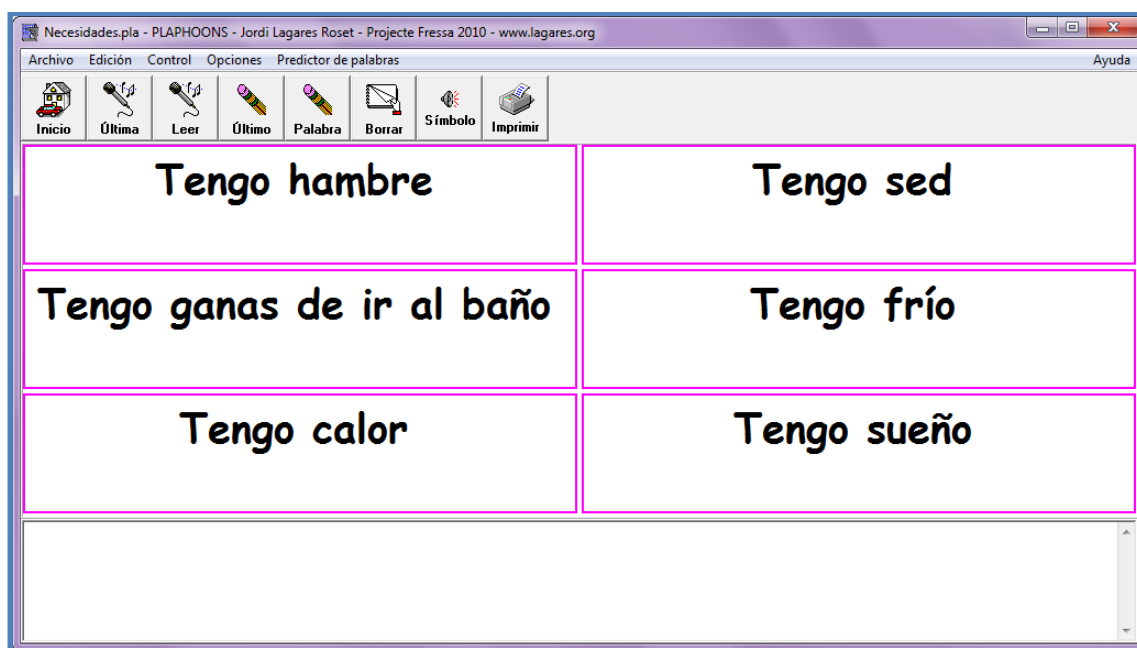
La configuración que se ha preparado para nuestro usuario es la siguiente: Una vez arrancado el programa, el primer plafón que aparece es un menú por áreas de uso, al que hemos llamado “FRASES”.



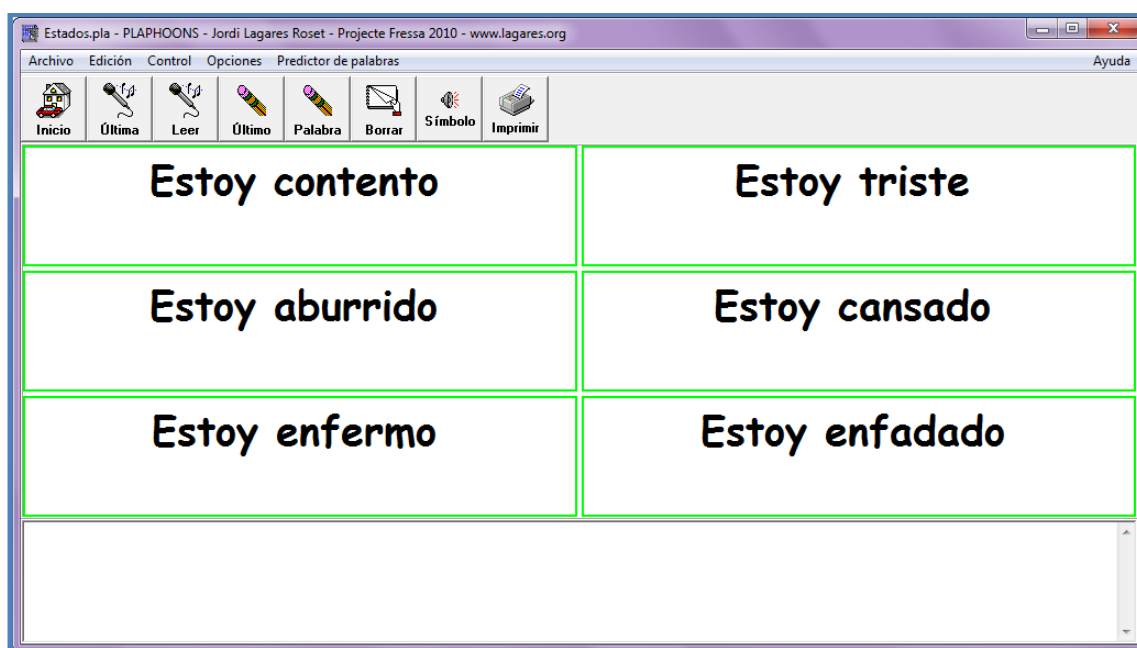
34. Menú principal: Plafón "Frases"

El apartado “FRASES” se ha dividido en cinco sub-categorías: “ABC”, “Necesidades”, “Estados de ánimo”, “Preguntas” y “Peticiones”. También se ha clasificado por colores para una percepción más intuitiva por parte del usuario.

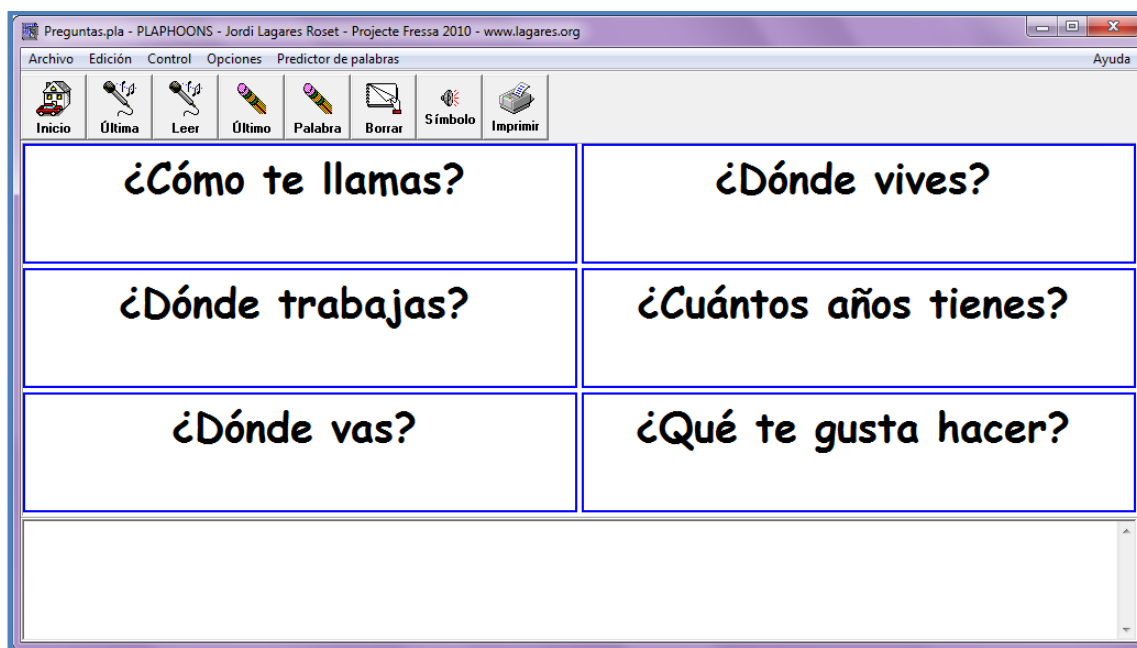
Cada una de estas sub-categorías (excepto “ABC”, que explicamos más adelante) está dividida en seis casillas, correspondientes a sendas frases pre-configuradas. Lógicamente, tanto el número de casillas como el contenido de las frases son susceptibles de cambio en función de las necesidades del usuario a medida que el uso del dispositivo lo va solicitando.



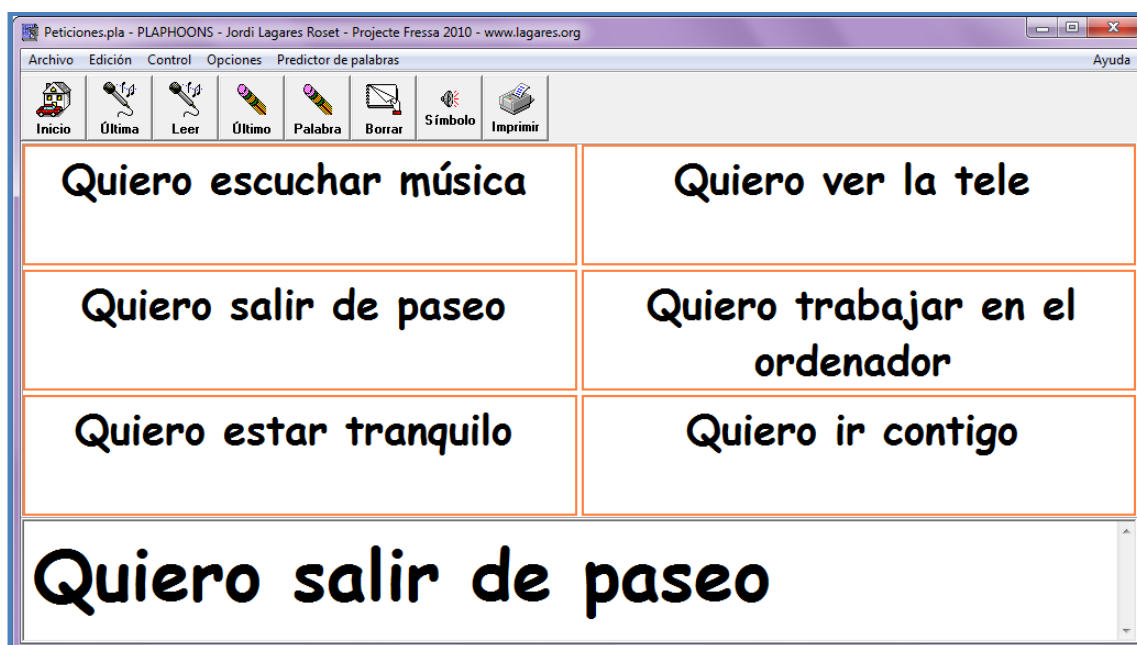
35. Sub-categoría de "Necesidades"



36. Sub-categoría de “Estados de ánimo”

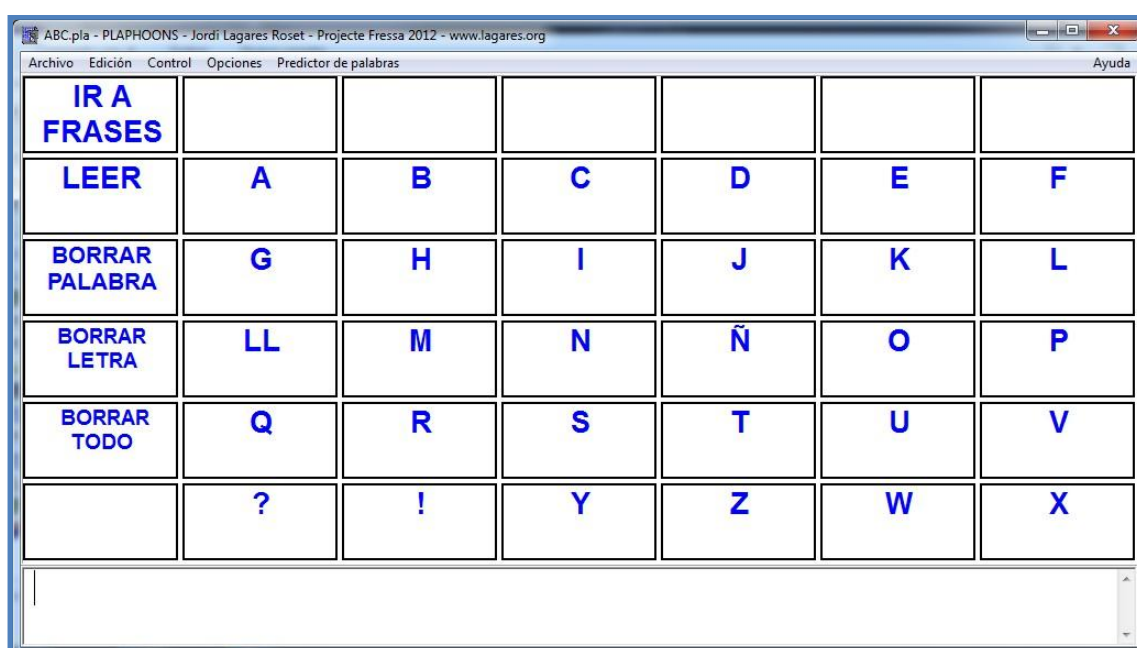


37. Sub-categoría de "Preguntas"



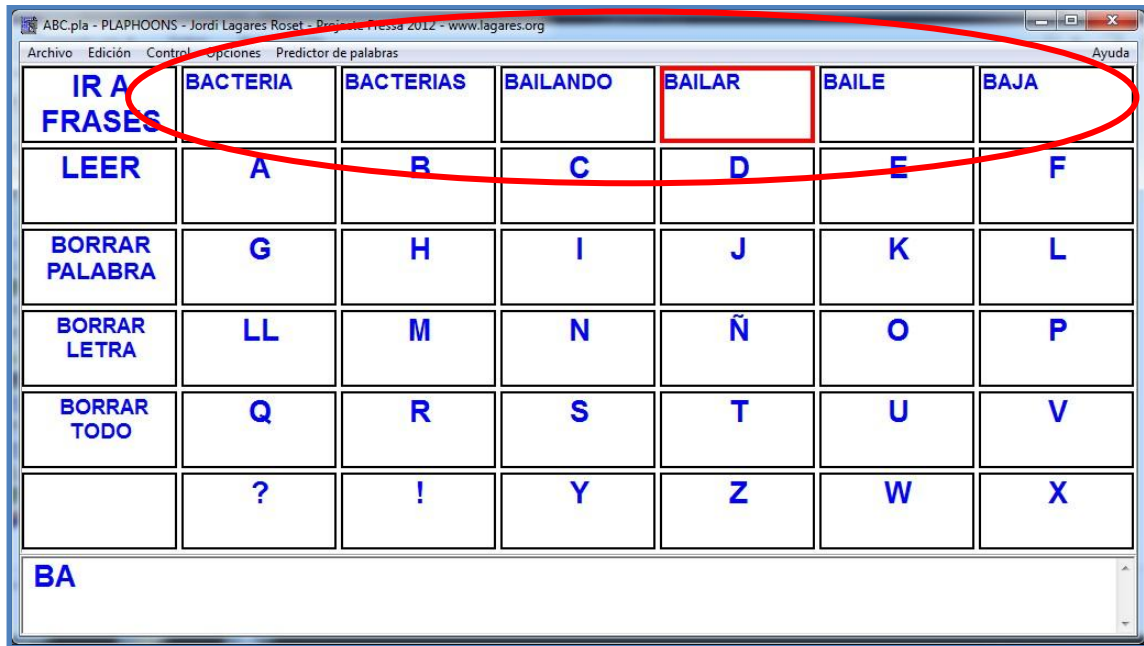
38. Sub-categoría de "Peticiones"

Y el apartado “ABC” en un enlace a otra sub-categoría que consiste en un plafón alfabético, donde cada una de las casillas corresponde a una letra, además de incluir espaciado, y signos de exclamación e interrogación. También se han incluido casillas que contienen acceso directo a funciones del programa como son “leer” (función que envía la expresión escrita en la franja inferior al sintetizador de voz) y “borrar todo”. Con este plafón puede por lo tanto el usuario crear palabras y frases que no estén incluidas en el apartado “Frases”, logrando de este modo comunicar conceptos complejos que enriquezcan su proceso comunicativo. Por último, se le ha incluido un acceso directo para poder volver al menú “Frases”.



39. Plafón "ABC", de tipo alfabético

A dicho plafón “ABC” se le ha incluido recientemente una nueva función que es la de texto predictivo. Consiste en un diccionario (aunque en realidad sería más bien un “lemario”, es decir, una lista de palabras) recogido en un archivo de texto (.txt) de muy sencilla modificación y ampliación. La función de texto predictivo acude a dicho diccionario a medida que se van cargando letras en la barra inferior, y nos muestra en otra barra en la pantalla las posibles palabras a las que podemos acceder de forma directa, también mediante el barrido. Esto nos puede ahorrar gran número de pulsaciones, agilizando la comunicación. Acerca del diccionario, hay que decir que es conveniente no recargarlo demasiado de palabras, ya que si lo hacemos podemos conseguir el efecto contrario, entorpeciendo la comunicación. Lo más indicado parece ir ampliándolo a medida que el usuario lo vaya necesitando o solicitando.



40. Ejemplo de uso del texto predictivo

Y la mecánica de funcionamiento es muy simple: Una vez arrancado el programa (lo cual en nuestro caso se hace de forma automática al encender el PC, ya que se ha incluido en el inicio de Windows), el primer menú que aparece es el de “Frases” con el barrido ya activo. El botón regulado a la altura de la cabeza del usuario está asociado al clic izquierdo del ratón del PC. Es decir, cada vez que pulsa el botón es como si pulsara con el dedo el ratón. Por otro lado, el programa funciona por “barrido”, como ya se ha mencionado en varias ocasiones. Esto quiere decir que las diferentes opciones, plafones y casillas configuradas en el plafón se van resaltando alternativamente, con una frecuencia de un segundo.

Dicho tiempo es el que se ha considerado el más adecuado para empezar a trabajar con el usuario. A medida que vaya familiarizándose con el sistema de barrido, dicho tiempo se puede modificar, acortándose o alargándose en función de las necesidades y habilidad del usuario.

Cuando se resalta la zona del plafón con la que el usuario desea interactuar, pulsa con la cabeza el botón, lo que produce una acción determinada según la función asociada a la casilla o zona resaltada.

El sistema de barrido en este plafón en concreto se ha configurado para que funcione por filas-columnas. Esto significa que primero se van resaltando alternativamente las filas completas, en orden descendente. Cuando se resalta la fila que nos interesa, realizamos una pulsación. Entonces el barrido pasa a resaltar las casillas, una a una, de la fila seleccionada anteriormente. Si no seleccionamos ninguna casilla de la fila, al acabarla, el barrido vuelve a resaltar fila a fila. Y si el usuario pulsa el botón cuando está resaltada una casilla determinada, el mensaje o frase que contenga ésta se carga en la franja inferior.

El siguiente paso sería, si el usuario quiere que la frase sea reproducida por los altavoces, utilizar el barrido para dirigirse hasta la opción “leer”, acción que envía el mensaje recogido en la franja inferior al sintetizador de voz. En caso contrario puede seguir cargando mensajes, frases o palabras en dicha franja hasta que tenga cargado todo lo que necesita comunicar. Con esto, el proceso de comunicación queda completado. A partir de aquí, el usuario puede borrar el mensaje, y comenzar de nuevo con una nueva comunicación.

6.3.Evaluación y resultados.

Evaluación

Una vez concluida la fase de desarrollo del segundo dispositivo, llega la fase de la evaluación.

Para ello, se contacta de nuevo con los docentes del colegio “Gloria Fuertes”. Se decide conjuntamente realizar la evaluación en el Centro Ocupacional “Albada”, ya que es el centro de trabajo del usuario, y donde más horas de utilización va a tener, además de que allí está supervisado por los profesionales del centro ocupacional, por lo que interesa que estén presentes durante la evaluación.

Con anterioridad a la prueba, se traslada el equipo al centro, se realiza el montaje en el PC que el usuario utiliza diariamente y se le explica el funcionamiento. Así tenemos unos días de margen para que el usuario se vaya habituando al dispositivo. Tras la toma de contacto, las primeras impresiones son positivas: el acceso al PC, el manejo del software y la respuesta en general del usuario son buenas. Se dejan unos días de adaptación en espera de la evaluación.

Una vez reunidos el día acordado para la evaluación, se comienzan las pruebas, dirigidas por Alfonso Lázaro. Las pruebas son similares a las realizadas con anterioridad: se le indica al usuario que realice acciones determinadas, complete palabras, busque frases concretas, etc.

Resultados

Los resultados son esta vez muy positivos:

- ▶ El usuario se ha adaptado perfectamente al dispositivo.
- ▶ El acceso al PC es el adecuado. Es fluido, no genera estrés ni excesivo cansancio.
- ▶ Comprende a la perfección el manejo del software, y lo maneja con agilidad.
- ▶ El sistema de comunicación anterior frente al actual no resiste comparación posible ni en rapidez ni en eficacia.
- ▶ El tono muscular del cuello es mejorable, es conveniente que lo entrene y lo mejore.

De esta forma trabajaremos un aspecto importante observado en la evaluación: el

usuario ha de reducir la distancia a la que mantiene la cabeza del botón. Cuando más reducida sea esta distancia, mayor precisión va a tener, y se podrá ir aumentando progresivamente la velocidad del barrido.

- Es necesario modificar la altura de la pantalla, ya que está demasiado baja. Al subirla conseguimos que haya una línea recta entre la pantalla, los ojos del usuario y el botón, y reducimos la distancia de la cabeza a dicho botón, optimizando el proceso de pulsación. En el momento de la prueba se improvisa colocando un objeto bajo la pantalla, cuya mejora se manifiesta instantáneamente. El usuario realiza las pulsaciones mucho mejor así.

Acuerdo de colaboración

Los buenos resultados obtenidos en esta ocasión llevan inmediatamente a una circunstancia inesperada y de máximo alcance: se acuerda convertir todo el asunto relacionado con la mejora del proceso de comunicación de Antonio Malo en un proyecto oficial conjunto de colaboración entre el Centro Ocupacional “Albada”, Atadi (la asociación que engloba a todas las asociaciones de discapacitados intelectuales de Teruel, y a la que pertenece Albada), el colegio Gloria Fuertes, y este proyectando.

Este acuerdo de colaboración conjunto se traduce en lo siguiente:

- Compromiso por parte del centro ocupacional de supervisar diariamente el buen funcionamiento del dispositivo, de avisar al proyectando en caso de averías o cualquier anomalía detectada, y de controlar el progreso del usuario con el sistema de comunicación.
- Compromiso por parte de Atadi de proporcionar el asesoramiento técnico y humano disponible para asistir en lo necesario al proyecto.
- Se establece un programa diario de trabajo para el usuario, de carácter progresivo, supervisado por los profesionales del centro ocupacional, así como controles periódicos de dicho programa.
- Se prepara un programa especial de fisioterapia por parte del terapeuta de Atadi con el objeto de mejorar el tono muscular del cuello del usuario.
- Compromiso por parte de los profesionales de Gloria Fuertes de proporcionar asistencia y realizar evaluaciones periódicas, para monitorizar los avances, detectar posibles problemas y aportar su experiencia.
- Compromiso por parte de este proyectando de proporcionar toda la asistencia técnica necesaria y realizar modificaciones, mantenimiento o reparaciones que puedan surgir; y también de servir como enlace y coordinador de todas las partes implicadas.

Se ha incluido la documentación relativa al acuerdo en el anexo.

7. Conclusiones.

Ha sido mucho el trabajo, el esfuerzo y las horas invertidos desde que empezó esta aventura. Mi satisfacción es completa una vez que veo el resultado obtenido. Lo que empezó siendo una sugerencia casual por parte de unos amigos, ha acabado siendo un proyecto de envergadura, en el que se han implicado muchas personas, todas ellas trabajando de forma voluntaria y altruista.

Se han cumplido los objetivos marcados, incluso algunos no marcados pero que han resultado fundamentales, y se han cubierto las necesidades marcadas por dichos objetivos.

Y por supuesto, más allá de mi satisfacción personal por ver el proyecto acabado y mi carrera universitaria finalizada, está la enorme gratificación que supone comprobar que los conocimientos adquiridos y desarrollados aquí han servido de ayuda para mejorar la vida de una persona, de forma sustancial, además.

Por otra parte, es de significar que durante la realización del proyecto, se han asimilado infinidad de conocimientos tanto propios como ajenos al ámbito de la ingeniería, lo cual sin duda me va a enriquecer como profesional y como persona. Lo aprendido en el campo de las ayudas técnicas a la discapacidad es de un valor incalculable, dado el escaso número de profesionales del área tecnológica que se dedican a ello.

El proyecto descrito en este documento está siendo utilizado desde su finalización, sirviendo de ayuda para comunicarse a una persona que antes no podía hacerlo de la forma hablada, tal y como lo hace ahora. No se me ocurre una mejor conclusión posible al trabajo realizado.

8. Bibliografía y documentación

- ▶ “Parálisis cerebral”. Wikipedia. [Enlace al texto](#)
- ▶ “Experiencia práctica del uso de Sistemas de Comunicación y Ayudas en alumnos P.C.I.”, José Manuel Marcos Rodrigo, Profesor del C.P.E.E. “Alborada”, en Zaragoza.
- ▶ “Cerebral Palsy”, Hoda Z Abdel-Hamid, MD. [Enlace al texto](#)
- ▶ Web española sobre la parálisis cerebral. <http://www.paraliscerebral.com>
- ▶ “Parálisis cerebral”, Discapnet. [Enlace al texto](#)
- ▶ Web del colegio de educación especial “Gloria Fuertes”.
<http://www.colegiogloriafuertes.es/>
- ▶ “Proyecto Fressa”, Jordi Lagares. <http://www.xtec.cat/~jlagares/f2kesp.htm>